

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE CIVIL**

**APLICACIÓN DEL CAPÍTULO DE RIESGO SÍSMICO, EVALUACIÓN,  
REHABILITACIÓN DE ESTRUCTURAS NEC-SE-RE, PARA UNA  
EVALUACIÓN TÉCNICO VISUAL DE LAS ESTRUCTURAS DE LA ZONA 2  
DE PELIGRO ANTE UNA POSIBLE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN COTOPAXI  
Y SISMOS**

**LOOR CAÑIZARES DANIELA FERNANDA**

**MOSQUERA ENRÍQUEZ HERNÁN PAÚL**

**TRABAJO PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:**

**INGENIERO CIVIL**

**Quito, septiembre 2016**

## Contenido

<b>CAPÍTULO I: GENERALIDADES</b>	1
1.1 ANTECEDENTES	1
1.2 ALCANCE	1
1.2.1 Alcance de la Investigación.	1
1.3 OBJETIVOS	2
1.3.1 Objetivo General.	2
1.3.2 Objetivos Específicos.	2
1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA	3
1.4.1 Importancia	3
1.4.2 Justificación	3
<b>CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA</b>	4
2.1 ÁREA DE INFLUENCIA	4
2.2 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR	7
2.3 DESCRIPCIÓN GEOLOGÍA DE LA ZONA DE SANGOLQUÍ	8
<b>CAPÍTULO III: HISTORIA DE ERUPCIONES PASADAS DEL VOLCÁN COTOPAXI</b>	9
3.1. HISTORIA GEOLÓGICA	9
3.2 HISTORIAS DE SISMOS EN LA ZONA 2 DE PELIGRO DEL VOLCÁN COTOPAXI	14
3.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL COTOPAXI DESDE 14 AGOSTO DE 2015	19
3.3.1 Impacto en la población ante la alerta amarilla del volcán Cotopaxi.	24
<b>CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA</b>	25
4.1 METODOLOGÍA EMPLEADA	25
4.1.1 Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica	25
4.1.2 Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica	26
4.2 RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO	27
4.1.1 Descripción del sector en análisis	28
4.1.2 Descripción del tipo de suelo del Sector	29
4.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: Vulnerabilidad Sísmica	30
4.2.1 Tipos de Estructuras Según la FEMA	31
4.2.2 Datos Generales	33
4.2.3 Fotografía de la edificación.	34

4.2.4 Ocupación de la estructura .....	35
4.2.5 Tipo de Suelo .....	37
4.2.6 Número de personas .....	37
4.2.7 Peligro de Fallas exteriores .....	38
4.2.8 Irregularidades .....	38
4.2.9 Adosados .....	39
4.2.10 Puntaje básico, modificadores y puntaje final, <i>SL1</i> .....	41
4.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: Vulnerabilidad Volcánica .....	48
<b>Capítulo V: ANÁLISIS DE RESULTADOS</b> .....	59
5.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SECTOR DEL RIVER MALL. ....	59
5.1.1 Clasificación de acuerdo al número de pisos .....	59
5.2.2 Clasificación de acuerdo al tipo estructura .....	60
5.2.3 Clasificación de acuerdo al año de construcción .....	62
5.2.4 Clasificación de acuerdo al tipo falla .....	63
5.2.5 Cuadro de Resumen de Riesgo de Colapso de Estructuras ante un Sismo .....	72
5.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD VOLCÁNICA DEL SECTOR DEL RIVER MALL...	73
5.3 RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN DE VIVIENDAS CATASTRADAS.....	78
<b>CAPITULO VI: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS</b> .....	83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	88
<b>ANEXOS</b> .....	90
Anexo1: Formulario Recolección de Datos en Campo (Frontal) .....	91
Anexo2: Formulario Recolección de Datos en Campo (Posterior) .....	92
Anexo3: Mapa de Ocupación del suelo de Sangolquí Zona 2 .....	93
Anexo4: Formulario de Procesamiento de Datos FEMA-154 enero-2015 (Vulnerabilidad Sísmica) ....	94
Anexo5: Formulario de Procesamiento de Datos SNGR 2012 (Vulnerabilidad Volcánica) .....	95

## INDICE DE TABLAS

Tabla 2.1: Caracterización de los tipos de formación geológica de la Ciudad de Sangolquí.....	9
Tabla 3.1: Resumen de las Erupciones Volcánicas Significantes del Volcán Cotopaxi .....	13
Tabla 3.2: Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada .....	16
Tabla 3.3: Valores de factor Z en función de la población adoptada.....	16
Tabla 4.1: Importancia de las variables de vulnerabilidad para análisis volcánico .....	50

Tabla 4.2: Valores de ponderación para cada variable para análisis de vulnerabilidad volcánica .....	51
Tabla 4.3: Representación de color de acuerdo a nivel de índice de vulnerabilidad .....	53
Tabla 5.1: Resumen de Número de Pisos de las Estructuras .....	59
Tabla 5.2: Resumen Tipo de estructura empleado .....	61
Tabla 5.3: Resumen Años de Construcción de las Viviendas .....	62
Tabla 5.4: Tipos de Fallas en las Estructuras .....	70
Tabla 5.5: Numero de estructuras y su riesgo de colapso .....	72
Tabla 5.6: Resumen de vulnerabilidad de las estructuras del sector de River Mall ante colapso. ....	73
Tabla 5.7: Resumen de las viviendas catastradas en el sector de análisis. ....	78

## INDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Mapa del Sector de análisis, Sector del River Mall .....	5
Figura 2.2: Sangolquí, Mapa de Sector de análisis River Mall.....	6
Figura 3.1: Características de magnitud de erupciones volcánicas según VEI .....	11
Figura 3.2: Sangolquí, Consecuencias del Sismo de 1938 Mw 7.1 .....	14
Figura 3.3: Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z .....	15
Figura 4.1: Fotografía del ensayo en campo SPT, Sector River Mall .....	30
Figura 4.2: Información de Datos Generales formulario evaluación vulnerabilidad sísmica.....	33
Figura 4.3: Información fotográfica y esquema formulario evaluación vulnerabilidad sísmica .....	35
Figura 4.4: Información sobre ocupación formulario evaluación vulnerabilidad sísmica.....	35
Figura 4.5: Información tipo de suelo formulario evaluación vulnerabilidad sísmica .....	37
Figura 4.6: Información número de personas formulario evaluación vulnerabilidad sísmica.....	38
Figura 4.7: Información peligro fallas exteriores formulario evaluación vulnerabilidad sísmica .....	38
Figura 4.8: Información irregularidades formulario evaluación vulnerabilidad sísmica.....	39
Figura 4.9: Información adosados formulario evaluación vulnerabilidad sísmica .....	40
Figura 4.10: Modificadores y puntaje final formulario evaluación vulnerabilidad sísmica .....	41
Figura 4.11: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Hormigón Armado.....	43
Figura 4.12: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Madera.....	44
Figura 4.13: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Adobe .....	45
Figura 4.14: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Caña.....	46
Figura 4.15: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Metálica.....	47
Figura 4.16: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado .....	54
Figura 4.17: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Madera.....	55
Figura 4.18: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Adobe.....	56
Figura 4.19: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Caña .....	57
Figura 4.20: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura Metálica .....	58

Figura 5.1: Clasificación de las viviendas de acuerdo al número de pisos .....	60
Figura 5.2: Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de estructura empleado.....	61
Figura 5.3: Clasificación de las viviendas debido al año de construcción .....	63
Figura 5.4: En la Fotografía anterior se puede visualizar que puede existir golpeteo entre las estructuras. ....	64
Figura 5.5: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo revestimiento e irregularidad en planta.....	65
Figura 5.6: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo parapeto. ....	65
Figura 5.7: En la Fotografía anterior se puede visualizar que el revestimiento de la estructura que puede ceder en un fuerte sismo. ....	66
Figura 5.8: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo revestimiento.....	66
Figura 5.9: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla vertical de piso blando en los parqueaderos. ....	67
Figura 5.10: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad piso blando. ....	67
Figura 5.11: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad vertical. ....	68
Figura 5.12: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad vertical, piso fuera de plano.....	68
Figura 5.13: En la Fotografía anterior se puede identificar una falla tipo parapeto que puede caer...	69
Figura 5.14: En la Fotografía anterior se puede identificar una falla tipo chimenea que puede caer..	69
Figura 5.15: Fallas frecuentes observadas en la zona II de peligro ante una posible erupción del volcán Cotopaxi, sector River Mall .....	71
Figura 5.16: Porcentaje de viviendas que tiene riesgo de colapso en el sector del River Mall .....	72
Figura 5.17: Resultados de vulnerabilidad de las estructuras del sector de River Mall ante colapso. .	74
Figura 5.18: <b>Sección 1</b> - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica.....	75
Figura 5.19: <b>Sección 2</b> - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica.....	76
Figura 5.20: <b>Sección 3</b> - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica.....	77
Figura 5.21: Resultados las viviendas catastradas en el sector de análisis. ....	79
Figura 5.22: <b>Sección 1</b> – Identificación de viviendas catastradas .....	80
Figura 5.23: <b>Sección 2</b> – Identificación de viviendas catastradas .....	81
Figura 5.24: <b>Sección 3</b> – Identificación de viviendas catastradas .....	82

## CAPÍTULO I: GENERALIDADES

### 1.1 ANTECEDENTES

La ciudad de Sangolquí en los últimos años se ha visto expuesta ante desastres naturales tales como erupciones volcánicas y sismos. El volcán Cotopaxi ha presentado una amenaza constante durante los últimos años, además de haber dejado algún vestigio en el pasado. La ciudad de Sangolquí no está exenta de riesgos ante un evento sísmico, tal como el sismo ocurrido en el año de 1938 el cual causó varios destrozos en las edificaciones de la ciudad, afectando de manera significativa a la ciudad. Este tipo de eventos afectan de una manera muy relevante a una ciudad debido a que causan pérdidas de vidas humanas y materiales.

### 1.2 ALCANCE

#### 1.2.1 Alcance de la Investigación.

- Aplicar la metodología descrita en la NEC-SE-RE y la norma internacional ante sismos (FEMA-154), para la evaluación rápida visual de estructuras de vivienda de la zona 2, del mapa de riesgos volcánicos ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi y sismos.
- Realizar un inventario e identificar la tipología de las estructuras existentes en el sector, para así llevarlas a una clasificación según las tablas que sugiere la norma FEMA -154, para evaluar la vulnerabilidad sísmica de la zona 2.
- Emplear la propuesta metodológica elaborada por la Secretaria Nacional de Gestión de Riesgos (SNGR) para realizar un estudio de vulnerabilidad volcánica de las

estructuras existentes en la zona 2 de peligro ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.

- Elaboración de cuadros comparativos para determinar el riesgo de las estructuras existentes ante posible colapso debido a fenómenos naturales como erupción y/o sismo.

### 1.3 OBJETIVOS

#### 1.3.1 Objetivo General.

- Evaluar los posibles daños que se pueden presentar en las estructuras ante una posible erupción del volcán Cotopaxi y sismos mediante una inspección técnica visual del estado actual de las construcciones del sector, presentando un cuadro de resultados que presente el grado de vulnerabilidad de las estructuras de suceder una erupción volcánica o sismos producidos por la falla de Quito que atraviesa el cantón Rumiñahui.

#### 1.3.2 Objetivos Específicos.

- Determinar la afectación de las construcciones del sector ante una posible erupción volcánica del Cotopaxi.
- Determinar las posibles afectaciones de las construcciones, ante posible presencia de sismos.
- Presentar un cuadro de vulnerabilidad de las estructuras pertenecientes al sector 2 de peligro ante una posible erupción de volcán Cotopaxi.

- Presentar un cuadro de vulnerabilidad de las estructuras pertenecientes al sector 2 de peligro ante un posible evento sísmico.

## 1.4 IMPORTANCIA Y JUSTIFICACIÓN DEL TEMA

### 1.4.1 Importancia

Esta investigación se la va a realizar para dar a conocer los resultados obtenidos de un análisis técnico visual de vulnerabilidad de las estructuras contiguas al Centro Comercial River Mall pertenecientes a la zona 2 de peligro ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi o evento sísmico.

Es por esto también que es de suma importancia para poder proyectar estructuras, conocer y respetar un plan de Uso y ocupación del suelo, que se encuentre elaborado tomando en cuenta los riesgos ante fenómenos naturales.

### 1.4.2 Justificación

Mediante la aplicación de las metodologías de análisis técnico visual de estructuras basado en la norma FEMA 154 - FEBRERO 2015 que permite hacer un análisis e indica las posibles condiciones de vulnerabilidad de las estructuras, se podrá conocer que tan alto es el riesgo de colapso de las estructuras del sector ante posibles eventos sísmicos. Esto debido a que los fenómenos naturales son inevitables y que pueden provocar daños, destrucción, por lo tanto, se debe de tomar muy en cuenta al momento de proyectar las estructuras en cuanto a materiales a emplear, dimensiones de los elementos estructurales, y lugar donde se van a construir las estructuras.



De esta manera poder estimar los daños que se producen en las estructuras considerando la importancia de las instituciones públicas y privadas que se encuentran en el sector.

Este estudio será de beneficio para la población habitante del sector River Mall ya que se podrá identificar la vulnerabilidad de las estructuras existentes, y de esta manera se podrá tomar medidas de prevención, tanto sociales, estructurales y económicas.

## CAPÍTULO II: DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

### 2.1 ÁREA DE INFLUENCIA

Esta investigación basa su estudio en la Zona 2 de peligro ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi propuesto por el Gobierno de Rumiñahui, ciudad de Sangolquí, Ecuador. Los límites de nuestra área de análisis son las calles Grupo Yaguachi al norte, Av. Gral. Enriquez al oeste, Av. Luis Cordero al sur-oeste, Av. Paseo Escénico Santa Clara al este, y la calle Leopoldo Mercado al sur. El sector de análisis cuenta con un perímetro de 2170 metros y un área de 13,4 hectáreas.

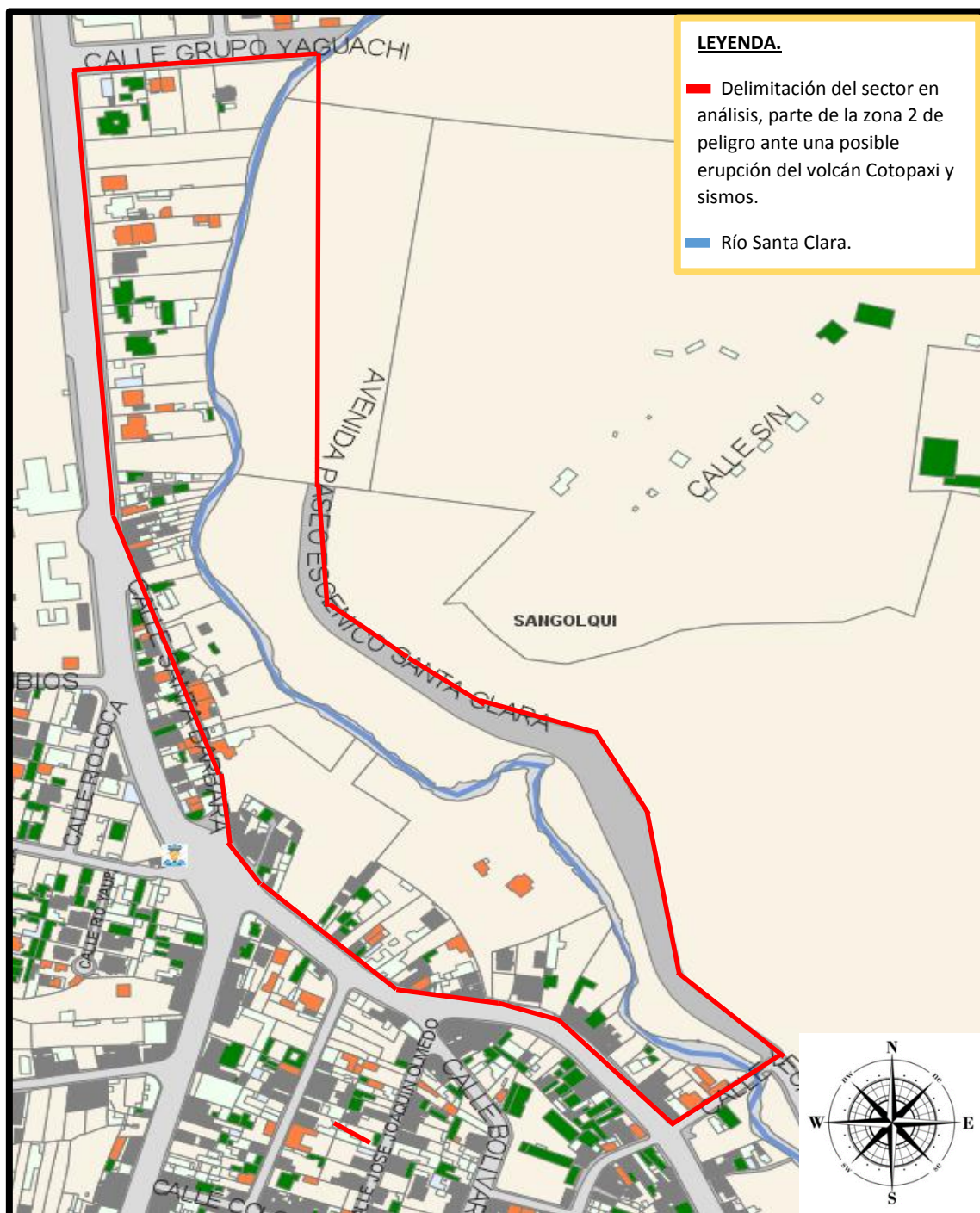


Figura 2.1: Mapa del Sector de análisis, Sector del River Mall (RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura2.1]. Tomado de: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.

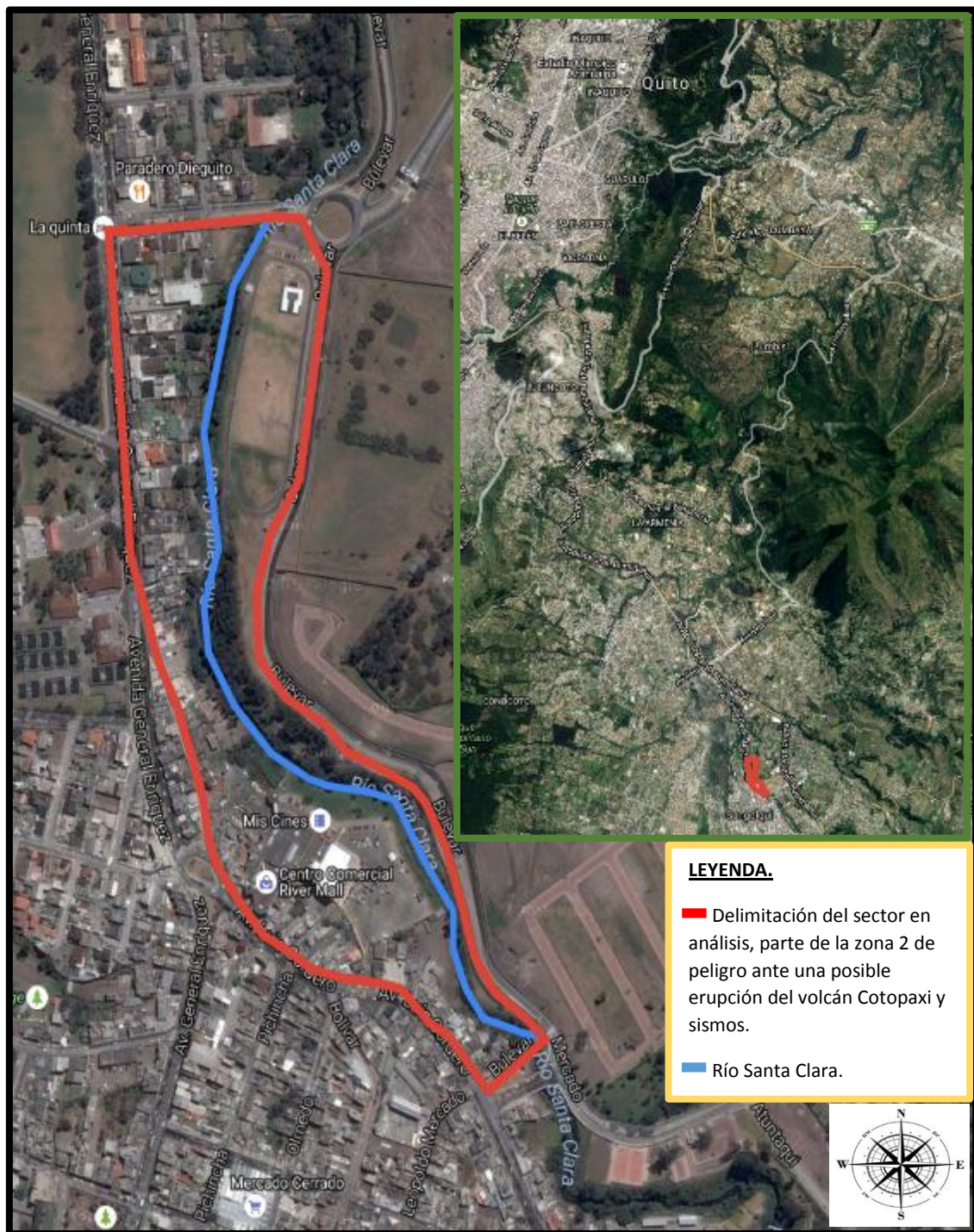


Figura 2.2: Sangolquí, Mapa de Sector de análisis River Mall (GoogleMyMaps, 2016). Mapa Sangolquí [Figura2.2]. Tomado de: [https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1j5gsLB7GZwU\\_Rn1Z6DKIzvoamp0](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1j5gsLB7GZwU_Rn1Z6DKIzvoamp0) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.



## 2.2 DESCRIPCIÓN DEL SECTOR

Todavía se conservan pocas construcciones llevadas a cabo a mediados del siglo XIX e inicios del siglo XX, las cuales presentan materiales y técnicas de construcción tradicionales de la región, siendo estas construcciones de máximo dos pisos de altura construidas sobre cimientos de piedra y adobe. Que contienen un sistema portante de paredes de tapial y/o adobe, y con estructura de madera tanto en entrepisos como en cubierta, caracterizadas por estructuras de soleras, vigas, pilares, durmientes<sup>1</sup>, recubrimiento de teja con cielo raso de carrizo<sup>2</sup>. (Rumiñahui I. M., 2003)

Después del sismo de 1938 que destruyó la ciudad de Sangolquí, comenzaron a surgir las edificaciones que contaban con una arquitectura civil republicana como la representada en la ciudad de Quito, para la cual se utilizó mano de obra especializada.

Finalmente, en el siglo XXI debido al desarrollo socioeconómico de la ciudad de Sangolquí, capital del Cantón Rumiñahui, empezó con la construcción de su primer centro comercial “RIVER MALL” inaugurado en el 2004 dando paso a un desarrollo con nuevas edificaciones construidas en su mayoría de hormigón armado, caracterizados con mampostería de bloque o ladrillo, diferentes tipos de cubiertas con losas de hormigón, teja, eternit, zinc, con puertas y ventanas de materiales como aluminio, metálicas, madera.

<sup>1</sup>Madero horizontal sobre el cual se apoyan otros en horizontal o vertical.

<sup>2</sup>Planta gramínea, indígena de España, con la raíz larga, rastrera y dulce, tallos de dos metros, hojas planas, lineares y lanceoladas, y flores en panojas anchas y copudas. Se cría cerca del agua y sus hojas sirven para forraje. Sus tallos sirven para construir cielos rasos, y sus panojas, para hacer escobas.

Es indispensable investigar a cerca de las tipologías estructurales de la zona 2 de peligro ante una posible erupción del Volcán Cotopaxi y sismos, para poder realizar un estudio

de vulnerabilidad sísmica y volcánica de las estructuras para de esta manera determinar la afectación de las estructuras por los lahares que podrían descender a través del río Santa Clara debido a una posible erupción volcánica del Cotopaxi.

### 2.3 DESCRIPCIÓN GEOLOGÍA DE LA ZONA DE SANGOLQUÍ

En el Cantón Rumiñahui, la ciudad de Sangolquí se encuentra geológicamente dentro de una fosa tectónica comprendida entre los Volcanes Paschoa e Ilaló pertenecientes a la falla central de la depresión interandina. Geológicamente se componen de depósitos lagarticos, formación de cangahua, sedimentos chiche, depósitos aluviales y coluviales.

FORMACIÓN GEOLÓGICA	CARACTERÍSTICAS
Formación Chiche (QCH)	Esta formación está asociada a relieves volcánicos, vertientes abruptas, y gargantas, generalmente los sedimentos chiche se encuentran cubiertos por una gruesa capa de cangahua. (Rumiñahui G. A., 2015)
Formación Cangahua (QC)	Está asociada a relieves volcánicos medios, bajos, y muy bajos, formados por capas de 60 cm y 25 cm de lapilli de pómez blanca. La cangahua cubre el sustrato volcánico y ciertos depósitos superficiales antiguos. (Rumiñahui G. A., 2015)
Depósitos Coluviales (Q2)	Están ubicados al sur oeste, está constituido por arena y cangahua. (Rumiñahui G. A., 2015)

*Tabla 2.1: Caracterización de los tipos de formación geológica de la Ciudad de Sangolquí*  
(Rumiñahui G. A., 2015) Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012-2025. [Tabla 2.1]. Tomado de:

[http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1760003920001\\_DOCUMENTO%20DIAGNOSTICO\\_10-03-2015\\_19-55-43.pdf](http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1760003920001_DOCUMENTO%20DIAGNOSTICO_10-03-2015_19-55-43.pdf)

Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.

## CAPITULO III: HISTORIA DE ERUPCIONES PASADAS DEL VOLCÁN COTOPAXI

### 3.1. HISTORIA GEOLÓGICA

El origen del Volcán Cotopaxi remonta hace 500.000 años atrás, cuando sus erupciones dejaban vestigios los cuales consistían de flujos piroclásticos de ceniza y piedra pómez (Hall and Montes, 2007). (Ordoñez et al., 2013)

El Cotopaxi no consta de una historia geológica detallada, pero se conoce que reanudó su actividad hace 13.000 años antes del presente, periodo en donde se produjeron seis explosiones significantes. (Ordoñez et al., 2013)

La última de las 6 erupciones ocurrió hace 4.500 años antes del presente, en la cual se evidencio desprendimientos de grandes partes del volcán en el Noroeste del mismo. Aquel suceso provocó una avalancha de escombros y un lahar de gran magnitud denominado “Lahar del Valle de Los Chillos” (Mothes et al., 1998). (Ordoñez et al., 2013)

Años después de la llegada de los conquistadores españoles a américa, año 1532 DC, el volcán Cotopaxi se hizo notar con ciclos eruptivos, estos eventos se consideraron violentos debido que se encontraron en una escala entre 3 y 4 del VEI<sup>3</sup>. (Ordoñez et al., 2013)

El aumento de 1 en la escala VEI nos indica una erupción 10 veces más potente, es por eso que la magnitud de esta escala puede representar grandes destrozos, en la figura 3.1 se puede apreciar las características de las diferentes escalas de erupción. (Ordoñez et al., 2013)

<sup>3</sup>VEI: siglas en inglés para Índice de Explosividad Volcánica con una escala del 0 al 8

IEV	Clasificación	Descripción	Altura	! Volumen material arrojado	Periodicidad
0	Erupción Hawaiana	no-explosiva	< 100 m	> 1000 m³	Diaria
1	Erupción Stromboliana	ligera	<1 km	> 10 000 m³	Diaria
2	Erupción Stromboliana/Vulcanica	explosiva	1-5 km	> 1 000 000 m³	Semanal
3	Erupción Vulcaniana	violenta	5-15 km	> 10 000 000 m³	Anual
4	Erupción Vulcaniana/Pliniana	cataclísmica	10-25 km	> 0,1 km³	Cada 10 años
5	Pliniana	paroxística	> 25 km	> 1 km³	Cada 100 años
6	Pliniana/Ultraplina	colosal	> 25 km	> 10 km³	Cada 100 años
7	Ultraplina	mega-colosal	> 25 km	> 100 km³	Cada 1000 años
8	Erupción Supervolcánica	apocalíptica	> 25 km	> 1000 km³	Cada 10 000 años

Figura 3.1: Características de magnitud de erupciones volcánicas según VEI

Índice de Explosividad Volcánica [Figura3.1]. Tomado de:

[https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_explosividad\\_volc%C3%A1nica](https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_explosividad_volc%C3%A1nica)

Así se sabe que durante los últimos 500 años el Cotopaxi ha tenido ciclos eruptivos con un promedio de una vez por siglo. Los cinco períodos más significativos sucedieron entre los años: 1532-1534, 1742-1744, 1766-1768, 1853-1854 y 1877- 1880. Cada período experimentó expulsión de flujos piroclásticos, caída de ceniza en sectores aledaños, flujos de lava y lahares muy destructivos (Hall and Mothes, 2007). (Ordoñez et al., 2013)

La última erupción significativa que registra el Volcán Cotopaxi ocurrió el 26 de junio de 1877, siendo ya 138 años que han transcurrido desde este último evento.

A principios del año de 1877 se registró las primeras acciones volcánicas con caída de ceniza, las cuales se extendieron hasta mediados de año. El 26 de junio por la mañana, se registró un incremento de actividad hasta alcanzar niveles muy altos generando grandes flujos



piroclásticos, con emisiones de gases y ceniza volcánica que alcanzaron gran altura. (Ordoñez et al., 2013)

Como consecuencia de esta gran erupción un gran porcentaje del nevado del volcán se derritió formando grandes y fuertes flujos de lodo que bajaron por los flancos del volcán. (Ordoñez et al., 2013)

Aquellos flujos de lodo dejaron en ruinas a muchos poblados e infraestructura existente como: puentes, fábricas, graneros, sistemas de riego, haciendas y casas, los cuales fueron reconstruidos en épocas anteriores, causando la muerte de cientos de personas. (Ordoñez et al., 2013)

Durante los siguientes años se evidencio actividad volcánica con caída de ceniza y descenso de lahares. Y en los años 1940 y 1976 se registraron las últimas actividades en el volcán. (Ordoñez et al., 2013)

El volcán Cotopaxi forma parte de la cordillera Real Andina y se encuentra ubicado con coordenadas: Latitud 0°38' Sur, Longitud 78°26' Oeste a una altura de 5897 m.s.n.m.

Los lahares son flujos producidos por un conjunto de materiales que se encuentran en las laderas de los volcanes mezclados con agua, que desfogan por los drenajes naturales existentes por acción de la gravedad. Además, estos se pueden producir debido a las lluvias o el deshielo de los glaciares que se encuentran en los volcanes debido a las altas temperaturas que se pueden presentar durante una actividad volcánica, y también por descenso de lava y

materiales piroclásticos, causando a su paso grandes destrucciones en edificaciones y pérdidas de vidas humanas. Siendo estos la principal causa de riesgo asociado a una erupción volcánica y en especial nuestro sector de análisis.

Volcán	Año Erupción	Tipo de Erupción	Aspectos Resaltantes
Cotopaxi	1757		Con la caída de ceniza y descenso de lahares la población de Latacunga se vio afectado económicamente en el sector agricultor y ganadero.
Cotopaxi	26 de junio de 1877	Flujos piroclásticos Derrame de lava	Existió la expulsión de piedras de gran tamaño que alcanzaron lugares lejanos como el valle de los Chillos. Además, se presenció un flujo de lava.

*Tabla 3.1: Resumen de las Erupciones Volcánicas Significantes del Volcán Cotopaxi*

Después de 138 años desde su última erupción el volcán Cotopaxi vuelve a presentar actividad volcánica a mediados del mes de abril del año 2015. En el mes de junio el volcán destaca un incremento de su actividad interna con vibraciones. A partir del 14 de agosto del 2015, el Cotopaxi presenta un incremento de actividad con la expulsión de ceniza. Entonces a partir del 15 de agosto del 2015 fue declarada la "alerta amarilla" en el país, a pesar de que su actividad pocos meses después se atenuó y no condujo a un episodio eruptivo mayor.

### 3.2 HISTORIAS DE SISMOS EN LA ZONA 2 DE PELIGRO DEL VOLCÁN COTOPAXI

Se conoce que por la ciudad de Quito atraviesa una falla geológica conocida como la famosa "Falla de Quito", que "se trata de una falla inversa, es decir que uno de los bloques (el de Quito) se levanta respecto del otro (los valles) en contra de la fuerza de gravedad por fuerzas de compresión tectónica que empujan al continente desde el Occidente. Es esta la razón por la que Quito, a fuerza de sismos repetitivos en la historia geológica de su cuenca se levanta unos 400 metros sobre el nivel del Valle Interandino." (Yepes, 2014)

El día 9 de agosto de 1938, se registra uno de los sismos más fuertes con magnitud de 7.1, el cual sacudió el Valle de los Chillos afectando a gran parte del cantón de Sangolquí causando graves daños, que fue originado por las fallas de Quito. El epicentro se lo determino a unos 20 km de profundidad, y se localizó en las cercanías del Tingo y Alangasí, sectores que terminaron completamente destruidos.



*Figura 3.2: Sangolquí, Consecuencias del Sismo de 1938 Mw 7.1*

En ese entonces existió el colapso de muchas estructuras muy antiguas, que fueron construidas en adobe y no poseían características sismo resistente. Las calles se volvieron

peligrosas para transitar tanto para peatones como para vehículos debido que muchas estructuras tuvieron colapsos parciales, y se corría un alto riesgo del colapso total sobre las personas que transitaban por las vías. Los habitantes sintieron la tristeza y desolación al ver su pueblo en ruinas.

La ciudad de Sangolquí ubicada en el cantón Rumiñahui, Provincia de Pichincha, es caracterizada dentro de una zona sísmica de categoría V, puntuada con un valor de factor Z de 0,40 lo que indica que es una zona de alto peligro sísmico.

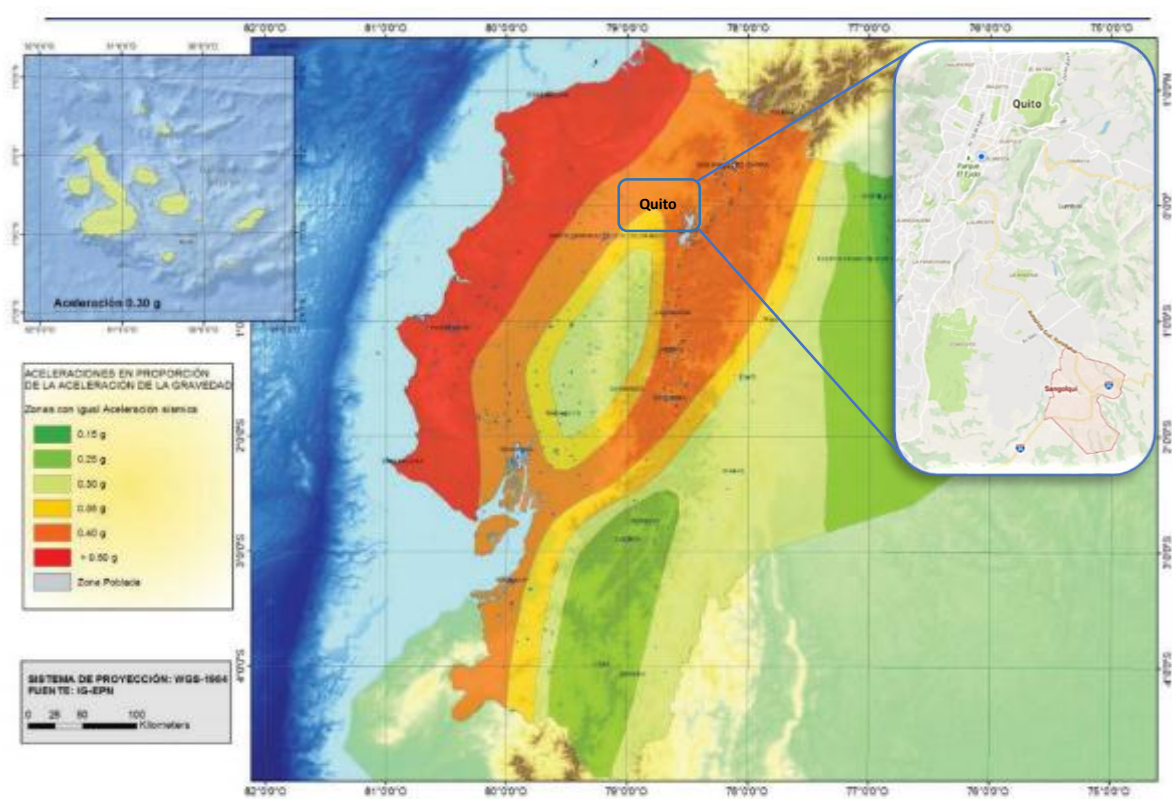


Figura 3.3: Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z (NEC, Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014). Ecuador, zonas sísmicas para propósitos de diseño y valor del factor de zona z [Figura 3.3]. Tomado de: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>

Zona sísmica	I	II	III	IV	V	VI
Valor factor Z	0.15	0.25	0.30	0.35	0.40	≥ 0.50
Caracterización del peligro sísmico	Intermedia	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy alta

*Tabla 3.2: Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada*  
(NEC, Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014). Valores de factor Z en función de la zona sísmica adoptada [Tabla 3.2]. Tomado de: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>

POBLACIÓN	PARROQUIA	CANTÓN	PROVINCIA	FACTOR Z
SANGOLQUI	SANGOLQUI	RUMIÑAHUI	PICHINCHA	0.40

*Tabla 3.3: Valores de factor Z en función de la población adoptada*  
(NEC, Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente, 2014). Valores de factor Z en función de la población adoptada [Tabla 3.3]. Tomado de: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>

“Tres factores importantes son los que determinan el riesgo sísmico dentro de un área geográfica, estos son:” (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

- “El nivel de Peligro Sísmico” (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)
- “El número de personas y propiedades expuestas al sismo” (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)
- “La vulnerabilidad de daño de edificaciones como personas” (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

**Peligro sísmico** (o peligrosidad sísmica) de una región se denomina a la probabilidad de que se produzcan movimientos de tierra durante un periodo determinado. Pueden ser los

fenómenos naturales, tales como deslizamientos de tierras o tsunamis, que son generados por los temblores de tierra. También pueden ser elementos del entorno construido, como edificios vulnerables, tuberías frágiles o equipo suelto, que pueden convertirse en peligros cuando se expone a los temblores. (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

**Riesgo sísmico** a una medida que combina el peligro sísmico, con la vulnerabilidad y la posibilidad de que se produzcan en ella daños por movimientos sísmicos en un período determinado. Por lo general se miden en términos de bajas esperadas (muertes y lesiones), pérdidas económicas directas (costos de reparación y reemplazo) y las pérdidas económicas indirectas (los ingresos perdidos durante el tiempo de inactividad como resultado del daño a la propiedad privada o de la infraestructura pública). Otras, medidas más específicas de riesgo también se utilizan para la planificación de desastres, tales como volúmenes probables y la duración de las interrupciones de servicios públicos y los hogares desplazados y cantidades de desechos que puede originar. (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

## **Peligro**

Dentro del Ecuador existe una variedad de los niveles de peligro sísmico. Para esto nos basamos en el mapa de peligro sísmico expuesto en la Norma Ecuatoriana de la Construcción (NEC). (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

## **Exposición**

Las posibles víctimas de un terremoto están limitadas por el número de habitantes de las áreas, y las pérdidas están vinculadas con la cantidad de edificaciones y valor de las

edificaciones, infraestructura o cualquier otra propiedad dentro de esa área. El riesgo sísmico aumenta cuando las zonas propensas a terremotos se vuelven densamente pobladas y urbanizadas. Aunque la planificación local y la zonificación de acuerdo a las actividades pueden limitar el crecimiento poblacional y delimitar áreas aptas para el desarrollo. (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

### **Vulnerabilidad**

“La vulnerabilidad de una propiedad ante riesgo sísmico está determinada por la prevalencia de una construcción sismo-resistente. Todas aquellas edificaciones construidas de acuerdo a códigos y normas que especifican un adecuado diseño para estructuras sismo-resistentes van a tener una mayor probabilidad de resistir un sismo, y tener un menor daño. En cambio, las estructuras que fueron construidas con códigos anteriores y que no han sido actualizados son más probables a sufrir un daño significativo. Por lo tanto, tener un código y normas actualizadas ayudar a prever daños significantes en una población.

Mediante un uso de códigos y normas actualizados se podrá garantizar una menor destrucción de edificaciones, además de que esta es una medida adecuada a tomar para poder proteger las vidas humanas. Es muy importante para tener un diseño adecuado contar con estudios de suelos que nos puedan indicar la aceleración que puede adoptar un suelo debido a un sismo, de acuerdo al tipo de material del cual este compuesto. ” (NEC, RIESGO SÍSMICO, 2015)

### 3.3 ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DEL COTOPAXI DESDE 14 AGOSTO DE 2015

El presente reporte sobre la actividad del volcán Cotopaxi es tomado de la página web del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional del Ecuador.

Durante el mes de agosto se registra que el Volcán Cotopaxi ha incrementado su actividad en relación a meses anteriores. “Instrumentalmente, se ha observado un incremento de la actividad sísmica caracterizada por un pico de eventos volcano -tectónicos (VT), eventos de largo periodo (LP) y tremor asociados con la movilización de fluidos en el interior y hacia el exterior del volcán. ” (IGEPN, 2015)

Durante los primeros días del mes de agosto se podía observar en el volcán una leve señal de emisiones de vapor de agua desde el cráter del volcán. A partir de la madrugada del 14 de agosto, ocurrieron dos explosiones freáticas a las 04h02 y a las 04h07 los cuales formaron grandes nubes de ceniza que horas más tarde generaron caídas de ceniza afectando a los sectores de Machachi, Amaguaña, Boliche, Tambillo y en el sur de Quito. Luego alrededor de las 10h25 se produjo una segunda emisión grande de ceniza, ésta tuvo una duración de cerca de 30 minutos, produciendo una nube que subió entre 6 y 8 km sobre el nivel del cráter, llegando a un máximo de 9.3 km sobre el nivel del cráter, ésta fue visible desde distintos sitios; la caída de ceniza fue dirigida por los vientos a los sectores Nor Oeste y Sur Oeste del Volcán Cotopaxi. (IGEPN, 2015)

A partir del 14 de agosto y durante el resto del mes se pudo presenciar continuas emisiones de ceniza y gases volcánicos, los cuales llegaron hasta el sector occidental. La altura de las



nubes de ceniza emitidas estuvo entre 3.2 km sobre nivel del cráter, llegando hasta la costa Occidente, Quito al Norte, Latacunga al Sur, y la frontera con Perú al Oriente. Sin embargo, se observa también que la dirección predominante de las nubes de ceniza ha sido hacia el Occidente alcanzando hasta 725 km de longitud el 24 de agosto. Las principales poblaciones afectadas por caída de ceniza fueron El Chaupi, Machachi, Aloasí, Pastocalle y Aloag. (IGEPN, 2015)

Durante el mes de agosto la actividad sísmica reportada por el volcán Cotopaxi entre los que se produjeron 2127 eventos debido a la fractura de rocas por esfuerzos ocasionados por infiltración de magma y generando posteriores movimientos telúricos. (IGEPN, 2015)

En el mes de septiembre se mantiene una actividad moderada durante los primeros días del mes. En la segunda semana de septiembre se genera un aumento en los eventos sísmicos generados por la constante actividad volcánica y emisiones de vapor de agua

Los días 2 y 30 de septiembre sucedieron dos explosiones pequeñas, a las 19h17 y 18h01, respectivamente. Creando nubes de ceniza de 2 km de altura sobre el nivel del cráter dirigidas al Occidente y Nor-Occidente. (IGEPN, 2015)

La emisión de gases y caída de ceniza se siguieron generando durante el mes, pero con menor intensidad del mes anterior, viéndose afectados los sectores occidental, noroccidental y suroccidental más cercanos al volcán. (IGEPN, 2015)

También se presenciaron fisuramiento en el glaciar del volcán debido al aumento de las temperaturas generando lahares secundarios que bajaron hasta las faldas del volcán.

Durante el mes de septiembre la actividad sísmica reportada por el volcán Cotopaxi entre los que se produjeron 2395 eventos debido a la fractura de rocas por esfuerzos ocasionados por infiltración de magma y generando posteriores movimientos telúricos, causando pequeñas deformaciones del volcán. (IGEPN, 2015)

El 2 de octubre se generaron 4 lahares secundarios pequeños debidos al incremento de las temperaturas y también a las lluvias que generaron el deshielo del glacial, el día 3 de octubre se generaron emisiones de ceniza puntuales, el día 5 de octubre se hace más continua la emisión dirigida hacia los sectores occidentales y norte del volcán. También se percibe el 4 de octubre un incremento de emisiones de SO<sub>2</sub> más que al doble de las producciones de las semanas anteriores. (IGEPN, 2015)

En la última semana de octubre se generaron solo emisiones de vapor de agua y gases que llegaron a tener una altura entre 1 y 2 km sobre el nivel del cráter y escasa presencia de ceniza. Durante este mes se presencié una disminución de actividad sísmica, registrándose entre 30 a 50 movimientos sísmicos al día. El día 28 de octubre los niveles de gas SO<sub>2</sub> empezaron a disminuir respecto a los días anteriores, también se indica que se continuaran generándose explosiones pequeñas, así como lahares secundarios. (IGEPN, 2015)

El día 6 de noviembre se reporta una disminución de la actividad externa, generada por emisiones de gases que llegaron hasta una altura de 2 Km sobre el nivel del cráter y poca presencia de ceniza respecto a las semanas anteriores llegando a un posible fin de la emisión de ceniza. También se registra que los movimientos sísmicos aumentaron levemente respecto

a la semana anterior, también los niveles de gas SO<sub>2</sub> siguen disminuyendo en conjunto con la continua generación de explosiones pequeñas, así como lahares secundarios. (IGEPN, 2015)

La actividad sísmica, no cambio respecto a la semana anterior del 2 al 6 de noviembre, los movimientos sísmicos siguen siendo entre 30 a 50 al día. Las deformaciones del volcán ya se presencian en menor escala a las generadas en meses anteriores. (IGEPN, 2015)

Durante la última semana del mes de noviembre se reportó una actividad moderada con pequeñas emisiones de vapor y gases que alcanzaron una altura máxima de 200m. El día 30 de noviembre se reportaron lahares secundarios debidos a fuertes lluvias. (IGEPN, 2015)

En el mes de diciembre se mantuvo con un nivel de actividad moderado, las emisiones de vapor de agua y gases fueron bajas, se produjeron pequeños lahares debido al deshielo del glaciar que no generaron mayores inconvenientes. (IGEPN, 2015)

El día viernes, 22 de enero del 2016 se generó la mayor actividad en el volcán Cotopaxi, la cual informa que se observaron emisiones de gas y vapor de agua con dirección al occidente con alturas de 1000 metros sobre el nivel del cráter. Además, se reportó un lahar pequeño por deshielo por el flanco occidental. Las actividades sísmicas reportaron 124 eventos volcano tectónico y 5 eventos de largo periodo. El nivel de actividad interna se presentó moderada y el nivel de actividad superficial baja. (IGEPN, 2016)

El día jueves, 18 de febrero de 2016 se observaron emisiones con una altura de 600 metros, con un registro de actividad interna moderada y nivel de actividad superficial baja, se registró un pequeño lahar secundario que no llevo a zonas pobladas. (IGEPN, 2016)

En el reporte del día 09 de marzo de 2016, se registró emisiones de vapor de agua y gases que alcanzaron los 1000 metros sobre el nivel del cráter con dirección hacia el oriente, el nivel de actividad interna se registró moderada mientras que el nivel de actividad superficial se registró bajo, se registran lluvias en el sector del volcán, que generaron agua lodosa por la quebrada de Agualongo. (IGEPN, 2016)

El informe del jueves, 14 de abril de 2016, se registró emisiones de vapor y gas que alcanzaron los 1000 metros sobre el nivel del cráter, el nivel de actividad interna se registró en moderada con tendencia descendente y el nivel de actividad superficial baja, con descenso de un pequeño lahar secundario, sin provocar peligro para la población. (IGEPN, 2016)

El día jueves, 26 de mayo de 2016, se registró nivel de actividad interna y nivel de actividad superficial bajas, se generaron emisiones de gas y vapor de agua con alturas de 500 metros sobre el nivel de cráter y un lahar secundario provocado por lluvias en el sector del volcán el cual descendió por el flanco noroccidental, por la quebrada de Agualongo. (IGEPN, 2016)

El día sábado, 25 de junio de 2016, el volcán Cotopaxi tuvo un nivel de actividad interna baja, y el nivel de actividad superficial baja, con la observación de emisión de dióxido de azufre y pequeños descensos de agua lodosa por las lluvias en el sector del volcán que no causaron afectación a la población, además se contabilizaron 20 eventos volcano- tectónicos y 8 eventos de largo periodo. (IGEPN, 2016)

Durante los últimos dos meses de julio y agosto de 2016, las actividades del volcán Cotopaxi se registran con nivel de actividad interna baja y nivel de actividad superficial baja, las

emisiones de gases y vapor de agua se producen con poca intensidad y los lahares son poco frecuentes en el sector del volcán. (IGEPN, 2016)

#### 3.3.1 Impacto en la población ante la alerta amarilla del volcán Cotopaxi.

Ante la alerta amarilla del volcán Cotopaxi hubo familias habitantes del valle de los Chillos que tuvieron que evacuar sus casas y otras que se quedaron. Debido a la incertidumbre que se generó ante la posible erupción del Cotopaxi, al desconocer la intensidad con que se generaría la erupción y la presencia de lahares dentro de las zonas de riesgo las familias piensan si permanecer en el valle de los chillos, en una zona más segura, o trasladarse a la ciudad de Quito. También por la inseguridad que sintieron los moradores de sectores como el Valle de los Chillos al no saber si las medidas de prevención establecidas por las autoridades serían las adecuadas. También se suma, el no saber la intensidad que tendrá la erupción en caso de que ocurra. (Heredia, 2015)

El centro comercial River Mall es una edificación importante de Sangolquí el cual, ante el tema de la erupción del Cotopaxi, entró en crisis debido a que no se conocía qué iba a pasar, por lo tanto, tuvieron que capacitarse, para contar con las medidas de seguridad necesarias ya que reciben alrededor de 5000 personas diarias.

## CAPÍTULO IV: DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

### 4.1 METODOLOGÍA EMPLEADA

En esta sección se presentará una breve introducción a cerca de donde se obtuvo la información necesaria para poder entender y aplicar las metodologías a continuación descritas.

#### 4.1.1 Evaluación de Vulnerabilidad Sísmica

Para poder realizar el presente trabajo se empleó una metodología de Evaluación Técnico Visual propuesta por la Agencia Federal para el Manejo de Emergencias de los Estados Unidos de Norteamérica (FEMA).

La evaluación técnica visual trata de identificar, inventariar, y registrar a las edificaciones que presentan algún riesgo ante un evento sísmico. Una vez identificadas todas las edificaciones del área de análisis, se procede a clasificarlas de acuerdo a su riesgo o grave peligro ante un evento sísmico, para aplicar una metodología de reforzamiento de la estructura y tratar de mitigar el problema.

Se deberá realizar encuestas que serán llenadas con información que se puede obtener a simple vista desde la parte exterior de la edificación, y si fuese posible del interior.

Para comenzar en la encuesta se identificó el tipo de estructura, y los materiales predominantes de la estructura en observación. Se identificó el estado de conservación tanto estructural como de los materiales no estructurales de la edificación con una calificación de bueno, malo, y regular.

#### 4.1.2 Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica

Los sistemas nacionales de gestión de riesgos en conjunto con la colaboración de otras entidades mundiales presentan su libro Propuesta Metodológica (Análisis de Vulnerabilidad a Nivel Municipal) en el 2012, el cuál plantea que se debe de realizar un estudio de vulnerabilidad para poder comprender de los riesgos de los diferentes tipos de estructuras, en este caso de estudio, las estructuras comprendidas en la zona 2 de peligro ante una posible erupción del volcán Cotopaxi.

Es sumamente importante determinar la vulnerabilidad de las estructuras e instalaciones urbanas que se pueden ver afectadas ante una posible erupción volcánica, debido que la zona de análisis es considerada un polo de desarrollo y emplazamiento de actividades industriales, comercio y fundamentalmente de vivienda de acuerdo a lo que nos dicen Cornejo, Hermida y Fernández. “Por ello, resulta crucial determinar la vulnerabilidad de las mismas, a partir de criterios que varían según su exposición a las diferentes amenazas de origen natural y dependen de sus características físicas.” (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012, p. 30)

Para poder realizar el estudio de vulnerabilidad es necesario conocer las características que conforman a las estructuras para de esta manera poder evaluar el estado de riesgo de la estructura. Para ello empezamos con la información básica que la podemos obtener de la página web del gobierno autónomo descentralizado Municipal de Rumiñahui ([www.ruminahui.gob.ec](http://www.ruminahui.gob.ec)), allí encontramos información básica como el tipo de materiales de los cuales está elaborada la construcción, área de construcción, y número de pisos. Hay que

tomar en cuenta que los catastros digitales del municipio de Rumiñahui no se encuentran actualizados por lo cual muchas veces no contamos con toda la información disponible o muy probablemente esta información es susceptible de ser perfeccionada. Es por esto que fue necesario una inspección visual en campo para poder observar claramente las estructuras del sector de análisis y poder caracterizarlas.

#### 4.2 RECOPIACIÓN DE DATOS EN CAMPO

En la metodología empleada durante la recopilación de información en campo se realizó un esquema del área que se iba a analizar fijando así los límites por las calles: Grupo Yaguachi al norte, por la Avenida General Enríquez al oeste, Avenida Luis Cordero por el Sur-Oeste, por la Av. Paseo Escénico Santa Clara al Este, y por la calle Leopoldo Mercado al Sur.

Esta metodología puede ser aplicada por encuestadores que tengan conocimiento acerca de diseño y construcción de estructuras como lo puede ser arquitectos e ingenieros o estudiantes de los últimos niveles de las carreras ya mencionadas.

Para poder realizar nuestra inspección técnica visual en campo de las estructuras existentes se elaboró un formulario en el cual tiene preguntas relevantes para la obtención de datos e información necesaria para la presente investigación. La información obtenida en estos formularios evidencia los detalles referentes a la tipología estructural que tienen las diferentes edificaciones.

En el anexo #1 se puede observar la parte frontal del formulario empleado para la evaluación de vulnerabilidad sísmica donde se encuentran las características principales de la edificación



para la evaluación de la vivienda, entre ellas información acerca de localización características de la construcción como el estado de la vivienda bajo las categorías de bueno, regular o malo. Además de información necesaria como número de pisos, edad estimada de la construcción e información de si cuenta o no con servicios básicos.

En el reverso del formulario empleado para la evaluación de vulnerabilidad sísmica (anexo #2), se encuentra información acerca de las características específicas de la estructura como lo son los tipos de materiales que se emplearon para la construcción. También características de los elementos estructurales como vigas, columnas y losas, además un croquis y una fotografía de la estructura en análisis.

#### 4.1.1 Descripción del sector en análisis

En el sector que comprende nuestro estudio base la mayor parte de estructuras contienen características modestas con fachadas planas y bastante simples, el tipo de estructura predominante del sector son edificaciones de tres pisos construidas de hormigón armado con vigas y columnas (pórtico simple), con mampostería de bloque y/o ladrillos, y con cimientos de hormigón.

Al ser edificaciones construidas aledañas al centro comercial RIVER MALL estas tienden a formar un área comercial en donde la mayoría de estas cuentan un tipo de negocio en la planta baja de las mismas.

Existen una gran variedad de negocios que se desarrollan aquí, como lo son: restaurantes, ferreterías, farmacias, tiendas, abarrotes, mecánicas, mascotas, plantas, parqueaderos públicos, copiadoras, actividades compatibles con la vivienda, centros de estética, etc.

En conclusión, según el estudio realizado mediante inspección visual y llenado de formularios se determinó que el uso de suelo y ocupación el sector en estudio comprende locales comerciales, oficinas y viviendas denominado como Residencial Combinado (RC3) de acuerdo al plan de uso y ocupación del suelo elaborado con el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal Cantón Rumiñahui. (Anexo #3)

#### 4.1.2 Descripción del tipo de suelo del Sector

Para poder caracterizar el tipo de suelo existente en la zona aledaña al río Santa Clara se procedió a realizar un ensayo de Penetración Estándar (SPT). Para esto se realizó una perforación de 6 metros de profundidad, obteniendo muestras de suelo por cada metro de perforación. Al realizar una clasificación manual visual se pudo concluir que el tipo de suelo predominante del sector es un limo arenoso (ML). Además, con el número de golpes obtenidos del ensayo del SPT se pudo concluir que el suelo del sector es un suelo tipo C (Suelo Denso).



*Figura 4.1: Fotografía del ensayo en campo SPT, Sector River Mall*

#### 4.2 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: Vulnerabilidad Sísmica

Después de la recopilación en campo de todas las estructuras existentes en la zona 2 ante riesgo sísmico, se procede a seleccionar la información relevante que será representada siguiendo como ejemplo el formulario de la FEMA - 154 de enero del 2015.

El formulario tipo que se empleó en el procesamiento de la información se mostrara en el anexo #4 en el cuál se puede inventariar de las estructuras: datos generales, el tipo de ocupación, número de personas que habitan, el tipo de suelo, el tipo de estructura según el

material empleado, tipo de irregularidad, tipo de riesgo de colapso, para con estos datos pasar a los puntajes que determinaran el riesgo de la estructura ante posibles eventos sísmicos.

Con los datos obtenidos se puede realizar la puntuación final de la estructura, esta puntuación nos indicará la probabilidad de que colapse la estructura, ante un sismo de gran magnitud. La puntuación va en un rango de 0 a 7 en donde el máximo valor corresponde a un posible buen desempeño de la estructura ante sismo mientras que un valor bajo indicará un alto riesgo de colapso de la estructura. Las estructuras que tengan una puntuación inferior a dos (2) se les tendrá que realizar un análisis más estricto realizado por un profesional que tenga experiencia en diseño sismo resistente basando su inspección en la norma *Evaluación Sísmica y readaptación de los edificios existentes* (ASCE – 2014).

Al ser realizada la inspección técnica visual desde la parte exterior de las estructuras muchas veces no nos permite tener en cuenta muchos detalles que pueden representar un peligro sísmico alto a las estructuras.

#### 4.2.1 Tipos de Estructuras Según la FEMA

A continuación, se encuentran descritos los 17 tipos de estructuras consideradas en el FEMA P-154 procedimiento para una Evaluación rápida visual.

W1: Pórticos de madera ligero para viviendas unifamiliares o multifamiliares. (FEMA, 2015)

W2: Pórticos de Madera para estructuras de uso comercial e industrial con áreas de piso mayores a 465m<sup>2</sup> (FEMA, 2015)

*S1: Pórticos de Acero resistentes a Momento (FEMA, 2015)*

*S2: Pórticos de Acero Arriostrados (FEMA, 2015)*

*S3: Estructuras de Metal Ligero (FEMA, 2015)*

*S4: Pórticos de acero con muros de corte de concreto (FEMA, 2015)*

*S5: Pórticos de acero con mampostería reforzada (FEMA, 2015)*

*C1: Pórticos de concreto resistente a momento (FEMA, 2015)*

*C2: Estructura de concreto con muros de corte (FEMA, 2015)*

*C3: Pórticos de concreto resistente a momento con mampostería reforzada (FEMA, 2015)*

*PC1: Estructuras Pre-fabricadas, listas para armar (FEMA, 2015)*

*PC2: Pórticos de Concreto Pre fabricado (FEMA, 2015)*

*RM1: Estructuras de mampostería reforzada de piso flexible y diafragmas de piso (FEMA, 2015)*

*RM2: Estructuras de mampostería reforzada de piso rígido y diafragmas de piso (FEMA, 2015)*

*URM: Estructuras de muros de mampostería no reforzada (FEMA, 2015)*

#### 4.2.2 Datos Generales

En la parte superior derecha del formulario encontramos espacios en blanco para llenar información con datos generales de la estructura en análisis. Entre estos datos encontramos: Dirección, referencias, nombre de la edificación, número de pisos, número de pisos sobre nivel de la vía, número de pisos bajo nivel de la vía, año de construcción, uso, área total de pisos, nombre de los encuestadores, fecha de encuesta y se encuentran estructurados como se muestra en el cuadro a continuación. (FEMA, 2015)

<b>DATOS GENERALES</b>	
<b>Dirección:</b>	
<b>Referencias:</b>	
<b>Nombre de la Edificación:</b>	
<b>Número de Pisos:</b>	
<b>N° Pisos sobre nivel de la Vía:</b>	
<b>N° Pisos bajo nivel de la Vía</b>	
<b>Año de Construcción:</b>	
<b>Uso:</b>	
<b>Área Total de Pisos:</b>	
<b>Encuestadores:</b>	
<b>Fecha de Encuesta:</b>	

*Figura 4.2: Información de Datos Generales formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*  
(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.2].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

Es importante que la estructura existente tenga su identificación correspondiente ya que esta será la base para conocer todas las características de la estructura y tener información en el caso de un posible evento sísmico para poder hacer el reconocimiento después del cualquier evento y saber las causas. (FEMA, 2015)

Es importante conocer el año de construcción el número de pisos que tiene, el área de la planta para poder hacer un seguimiento y control de futuras ampliaciones en la estructura. (FEMA, 2015)

El año de construcción de una estructura es importante porque nos da una idea de qué código fue utilizado para su diseño y construcción.

#### 4.2.3 Fotografía de la edificación.

El formulario cuenta con un espacio en el cual se puede insertar una fotografía que nos ayude a identificar la forma de la estructura. Es recomendable tomar una foto legible de la elevación del edificio, además tiene un pequeño espacio para realizar un pequeño esquema el cual nos indique la forma y las dimensiones de la estructura tanto en planta como en elevación. (FEMA, 2015)

El esquema de la elevación también lo ayudara a identificar el número de pisos de la estructura y las posibles irregularidades.

<b>FOTOGRAFÍA</b>
<b>ESQUEMA</b>

*Figura 4.3: Información fotográfica y esquema formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.3].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

#### 4.2.4 Ocupación de la estructura

La ocupación de la estructura se refiere a su uso esta información es importante para posteriormente tomarlo en cuenta en el plan de mitigación, Según el FEMA – 154 existen varias clases de ocupación entre ellos los descritos en la imagen a continuación.

OCUPACIÓN			
Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>
Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input type="checkbox"/>
Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input type="checkbox"/>
Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input type="checkbox"/>
Histórico	<input type="checkbox"/>		

*Figura 4.4: Información sobre ocupación formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.4].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera



Para poder seleccionar los tipos de ocupación es bueno conocer cuál es la función de cada uno de estos.

- Asamblea: es un lugar donde se reúnen más de 300 personas. Pueden ser teatros, auditorios, centros comunitarios e iglesias.
- Comercial: se refiere a cuya ocupación se presta para negocios de venta de mercadería, instituciones financieras, restaurantes y edificios de parqueaderos.
- Servicios de Emergencias: se define como el lugar que sería necesario en caso de una catástrofe. Como pueden ser estaciones de policías, estaciones de bomberos y centros de comunicación.
- Industrial: dentro de estos encontramos a las fábricas, plantas de ensamblaje.
- Oficinas: son los típicos edificios administrativos o que ofrecen servicios profesionales.
- Residencial: aquí encontramos casas, moteles, hoteles, condominios, departamentos y ancianatos o lugares para discapacitados.
- Escuela: son planteles educativos de ocupación pública o privada como institutos, escuelas, colegios y universidades.
- Histórico: se plantea para distinguir una prioridad para mitigación de peligros. Se los toma en cuenta porque pueden estar sujetos a códigos u ordenanzas específicas.
- Gobierno: estos incluyen a edificaciones de uso gubernamental.

#### 4.2.5 Tipo de Suelo

En esta sección podemos escoger el tipo de suelo del sector en análisis (información obtenida de un estudio de suelo previo). Y se lo clasificara según lo muestra la siguiente tabla.

TIPO DE SUELO					
A	B	C	D	E	F
ROCA DURA	ROCA PROMEDIO	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

*Figura 4.5: Información tipo de suelo formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.5].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

Para la obtención de información del tipo de suelo se procedió a realizar un muestreo con el método de SPT del cual se extrajeron muestras de suelos cada metro de perforación, con las cuales pudimos obtener la clasificación del tipo de suelo y definir qué tipo de suelo se encuentra en Sangolquí en la zona 2 de peligro sísmico.

#### 4.2.6 Número de personas

En el caso de conocer el número de personas que puede alojar una estructura es para clasificar la magnitud del daño y cuantas personas pueden verse afectadas y además qué importancia tiene la estructura y su uso. En la tabla a continuación se clasificará en un rango de valores lo más aproximado el número de personas que ocupan las estructuras estudiadas.

NÚMERO DE PERSONAS			
0 - 10	<input type="text"/>	11 - 100	<input type="text"/>
101 - 1000	<input type="text"/>	1000 +	<input type="text"/>

Figura 4.6: Información número de personas formulario evaluación vulnerabilidad sísmica

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.6].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

#### 4.2.7 Peligro de Fallas exteriores

En el análisis de fallas exteriores que pueden ser un peligro considerando a los elementos que caen en el exterior como elementos que no son estructurales como cornisas, chimeneas, recubrimiento, antepechos, chapas y salientes que puedan causar un riesgo para la vida humana debido a su elevado peso debido a su mal instalación o construcción. En el cuadro a continuación se hará el reconocimiento de cuál es el tipo de objeto peligroso que se observó en las estructuras inventariadas.

PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES			
CHIMENEA	<input type="text"/>	PARAPETO	<input type="text"/>
REVESTIMIENTO	<input type="text"/>	OTRO	<input type="text"/>

Figura 4.7: Información peligro fallas exteriores formulario evaluación vulnerabilidad sísmica

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.7].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

#### 4.2.8 Irregularidades

Por lo general los edificios pueden tener irregularidades por los diseños que poseen y unos edificios poseen irregularidades en planta y en elevación. Ésta característica puede generar casos de colapso en el caso de ocurrir eventos sísmicos si su diseño no está bien realizado. En

este punto se clasifican a las irregularidades según la configuración de la estructura. Con la tabla que se muestra a continuación se analiza la estructura y se la posiciona con la irregularidad que tenga. Así también se identifica que tipo de irregularidad y se la define en la misma tabla.

IRREGULARIDADES			
VERTICAL	<input type="checkbox"/>	TIPO	
PLANTA	<input type="checkbox"/>	TIPO	

*Figura 4.8: Información irregularidades formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.8].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

#### 4.2.9 Adosados

En el caso de los edificios que se encuentran adosados a otros, se pueden generar varios problemas debido a que no existe una separación suficiente que en caso de terremotos da lugar a grandes problemas porque se producen grandes daños en las estructuras. Lo que puede producirse en el caso de que ocurra un terremoto es que los edificios se golpeen entre sí, debido a que toda estructura se diseña para que se desplace en un terremoto sin que colapse, pero en el caso de no tener ese espacio de desplazamiento sufren golpes que dañan las estructuras.

Adicional también se consideran los objetos que pueden caer de un edificio adosado al otro edificio como por ejemplo pueden ser muros, chimeneas, parapetos, adaptaciones, tanques, señales o elementos de cualquier tipo de la construcción que se han almacenado para

desalojo, que por no cumplir con una distancia mínima de separación pueden caer sobre el otro edificio creando bloqueos en las salidas principales del edificio afectado.

Es así como se muestra en el cuadro a continuación que es una sección del formulario que se analiza en el inventario de las estructuras, donde sí se encuentra alguna de estas situaciones, esto suma a un mayor riesgo en la estructura analizada.

ADOSADOS	
GOLPETEO	<input type="checkbox"/>
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER	<input type="checkbox"/>

*Figura 4.9: Información adosados formulario evaluación vulnerabilidad sísmica*

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.9].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

En nuestro caso de estudio estamos tratando los eventos de alta sismicidad por lo que el requisito es que entre dos edificios tengan una separación mínima de 4 centímetros por piso. (FEMA, 2015)

En el caso de un edificio adosado a otro de seis pisos cada uno la separación mínima requerida para las zonas de alta sismicidad es de 23 centímetros. (FEMA, 2015)

Y se considera que cuando dos edificios son adosados que no cumplieron con la separación mínima la masa en el piso de un edificio afecta en las columnas o paredes del otro edificio adosado se producen daños y un potencial colapso. (FEMA, 2015)

Una segunda posible causa es que uno de los dos edificios adosados sea más alto que el otro entonces el edificio más alto es el que sufrirá mayores daños concentrados porque el edificio

más bajo lo golpeará directamente en el límite donde termina el edificio más bajo y donde el edificio más alto continúa. (FEMA, 2015)

Y una tercera posible causa es que en varios edificios adosados el edificio que se encuentre al final no tiene más edificios que lo puedan soportar en el otro lado en el caso de un evento sísmico se verán con más daños en los edificios finales. (FEMA, 2015)

Una vez analizada la estructura si se encuentra adosada a otras se puede definir en la figura 4.8 cuál sería el mayor daño con el que ésta se vería afectada.

#### 4.2.10 Puntaje básico, modificadores y puntaje final, $SL1$

Finalmente, para hallar el puntaje de las estructuras en análisis debemos de seleccionar los valores correspondientes al edificio de acuerdo al tipo de estructura y sus características físicas como de construcción.

TIPO DE CONSTRUCCIÓN	PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, $SL1$														
	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Minimum Score, $S_{MIN}$	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
PUNTAJE FINAL, $SL1 \geq S_{MIN}$															

Figura 4.10: Modificadores y puntaje final formulario evaluación vulnerabilidad sísmica

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.10].

Modificado por Daniela Lóor y Hernán Mosquera

Para hallar la puntuación final se debe sumar los valores seleccionados de la tabla, obteniendo un valor denominado  $S_{L1}$ ; Si el  $S_{L1}$  es menor que el  $S_{MIN}$  entonces se registrará el valor del  $S_{MIN}$ .

Si la estructura es mixta y contiene dos tipos de sistemas estructurales, se analizará cada sistema por separado y se registrará el valor del menor puntaje obtenido.

Las siguientes figuras representan la calificación realizada a las cinco tipologías halladas en el sector de análisis:

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO						
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES						
										Dirección:	AV. LUIS CORDERO					
										Referencias:	11000126000					
										Nombre de la Edificación:	RIVER MALL					
										Número de Pisos:	4					
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:	2					
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:	2					
										Año de Construcción:	2003					
										Uso:	COMERCIAL					
										Área Total de Pisos:	3743					
										Encuestadores:	DANIELA LOOR HERNÁN MOSQUERA					
										Fecha de Encuesta:	25 DE ABRIL DE 2016					
OCUPACIÓN																
Asamblea			<input type="checkbox"/>			Industrial			<input type="checkbox"/>							
Comercial			<input checked="" type="checkbox"/>			Oficina			<input type="checkbox"/>							
Serv. Emergencia			<input type="checkbox"/>			Residencial			<input type="checkbox"/>							
Gobernación			<input type="checkbox"/>			Escuela			<input type="checkbox"/>							
Histórico			<input type="checkbox"/>													
NÚMERO DE PERSONAS																
0 - 10			<input type="checkbox"/>			11 - 100			<input type="checkbox"/>							
101 - 1000			<input checked="" type="checkbox"/>			1000 +			<input type="checkbox"/>							
TIPO DE SUELO																
A	B	C	D	E	F											
ROCA DURA	ROCA PROMEDI	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE											
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																
CHIMENEA			<input type="checkbox"/>			PARAPETO			<input checked="" type="checkbox"/>							
REVESTIMIENTO			<input type="checkbox"/>			OTRO			<input type="checkbox"/>							
IRREGULARIDADES																
VERTICAL	<input checked="" type="checkbox"/>			TIPO			PISO BLANDO									
PLANTA	<input checked="" type="checkbox"/>			TIPO			SISTEMAS NO PARALELOS									
COMENTARIOS																
EL TIPO DE IRREGULARIDAD VERTICAL PISO BLANDO ES CONSIDERADA SEVERA																
ADOSADOS																
GOLPETEO			<input type="checkbox"/>													
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER			<input type="checkbox"/>													
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SLI																
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM	
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)		
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0	
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A	
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	
PUNTAJE FINAL, SLI ≥ S <sub>MIN</sub>	1,9															
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																
SI	<input checked="" type="checkbox"/>															
NO	<input type="checkbox"/>															

Figura 4.11: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Hormigón Armado  
(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.11].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera




Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																									
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO															
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES															
										Dirección:								CALLE SANTA BARBARA							
										Referencias:								1100014000002							
										Nombre de la Edificación:								S/N							
										Número de Pisos:								2							
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:								2							
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:								0							
										Año de Construcción:								1990							
										Uso:								RESIDENCIAL							
										Área Total de Pisos:								84							
										Encuestadores:								DANIELA LOOR HERNÁN MOSQUERA							
Fecha de Encuesta:								25 DE ABRIL DE 2016																	
OCUPACIÓN																									
Asamblea				<input type="checkbox"/>				Industrial				<input type="checkbox"/>													
Comercial				<input type="checkbox"/>				Oficina				<input type="checkbox"/>													
Serv. Emergencia				<input type="checkbox"/>				Residencial				<input checked="" type="checkbox"/>													
Gobernación				<input type="checkbox"/>				Escuela				<input type="checkbox"/>													
Histórico				<input type="checkbox"/>																					
NÚMERO DE PERSONAS																									
0 - 10				<input checked="" type="checkbox"/>				11 - 100				<input type="checkbox"/>													
101 - 1000				<input type="checkbox"/>				1000 +				<input type="checkbox"/>													
TIPO DE SUELO																									
A		B		C		D		E		F															
ROCA DURA		ROCA PROMEDIO		SUELO DENSO		SUELO RÍGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE															
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>															
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																									
CHIMENEA				<input type="checkbox"/>				PARAPETO				<input type="checkbox"/>													
REVESTIMIENTO				<input type="checkbox"/>				OTRO				<input type="checkbox"/>													
IRREGULARIDADES																									
VERTICAL		<input type="checkbox"/>		TIPO																					
PLANTA		<input checked="" type="checkbox"/>		TIPO		ESQUINA ENTRANTE																			
COMENTARIOS																									
ADOSADOS																									
GOLPETEO								<input type="checkbox"/>																	
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER								<input type="checkbox"/>																	
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																									
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM										
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)											
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0										
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7										
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4										
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4										
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0										
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A										
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3										
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2										
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2										
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2										
PUNTAJE FINAL, SL1 ≥ SMIN	1,4																								
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																									
SI	<input checked="" type="checkbox"/>																								
NO	<input type="checkbox"/>																								

Figura 4.12: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Madera

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.12].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera


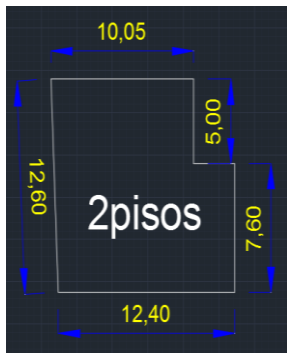
Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO						
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES						
										Dirección:		CALLE LEOPOLDO MERCADO				
										Referencias:		1100010200001				
										Nombre de la Edificación:		S/N				
										Número de Pisos:		2				
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:		1				
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:		1				
										Año de Construcción:		1968				
										Uso:		RESIDENCIAL				
										Área Total de Pisos:		153				
										Encuestadores:		DANIELA LOOR HERNÁN MOSQUERA				
Fecha de Encuesta:		25 DE ABRIL DE 2016														
<p>ESQUEMA</p> 										OCUPACIÓN						
										Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>			
										Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input type="checkbox"/>			
										Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input checked="" type="checkbox"/>			
										Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input type="checkbox"/>			
										Histórico	<input type="checkbox"/>					
										NÚMERO DE PERSONAS						
										0 - 10	<input checked="" type="checkbox"/>	11 - 100	<input type="checkbox"/>			
										101 - 1000	<input type="checkbox"/>	1000 +	<input type="checkbox"/>			
										TIPO DE SUELO						
A	B	C	D	E	F											
ROCA DURA	ROCA PROMEDIO	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE											
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																
CHIMENEA	<input type="checkbox"/>	PARAPETO	<input type="checkbox"/>													
REVESTIMIENTO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>													
IRREGULARIDADES																
VERTICAL	<input type="checkbox"/>	TIPO														
PLANTA	<input checked="" type="checkbox"/>	TIPO	PLANTA DE FORMA IRREGULAR													
COMENTARIOS																
ADOSADOS																
GOLPETEO			<input type="checkbox"/>													
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER			<input type="checkbox"/>													
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	C3 URM INF	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0	
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A	
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	
PUNTAJACIÓN FINAL, SL1 ≥ S <sub>MIN</sub>															0,6	
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																
SI	<input checked="" type="checkbox"/>															
NO	<input type="checkbox"/>															

Figura 4.13: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Adobe

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.13].

Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera


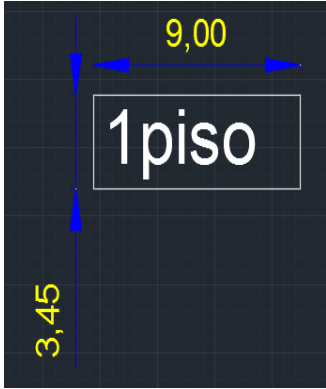
Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO						
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES						
										Dirección:		AV. GENERAL ENRIQUÉZ				
										Referencias:		1100015600001				
										Nombre de la Edificación:		S/N				
										Número de Pisos:		1				
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:		1				
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:		0				
										Año de Construcción:		1983				
										Uso:		RESIDENCIAL				
										Área Total de Pisos:		20				
										Encuestadores:		DANIELA LOOR HERNÁN MOSQUERA				
Fecha de Encuesta:		25 DE ABRIL DE 2016														
<p>ESQUEMA</p> 										OCUPACIÓN						
										Asamblea	<input type="checkbox"/>	Industrial	<input type="checkbox"/>			
										Comercial	<input type="checkbox"/>	Oficina	<input type="checkbox"/>			
										Serv. Emergencia	<input type="checkbox"/>	Residencial	<input checked="" type="checkbox"/>			
										Gobernación	<input type="checkbox"/>	Escuela	<input type="checkbox"/>			
										Histórico	<input type="checkbox"/>					
										NÚMERO DE PERSONAS						
										0 - 10	<input checked="" type="checkbox"/>	11 - 100	<input type="checkbox"/>			
										101 - 1000	<input type="checkbox"/>	1000 +	<input type="checkbox"/>			
										TIPO DE SUELO						
A	B	C	D	E	F											
ROCA DURA	ROCA PROMEDIO	SUELO DENSO	SUELO RÍGIDO	SUELO SUAVE	SUELO POBRE											
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>											
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																
CHIMENEA	<input type="checkbox"/>	PARAPETO	<input type="checkbox"/>													
REVESTIMIENTO	<input type="checkbox"/>	OTRO	<input type="checkbox"/>													
IRREGULARIDADES																
VERTICAL	<input type="checkbox"/>	TIPO														
PLANTA	<input type="checkbox"/>	TIPO														
COMENTARIOS																
ADOSADOS																
GOLPETEO		<input type="checkbox"/>														
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER		<input type="checkbox"/>														
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1 (MRF)	S2 (BR)	S3 (LM)	S4 (RC SW)	S5 URM INF	C1 (MRF)	C2 (SW)	URM INF (TU)	PC1 (TU)	PC2	RM1 (FD)	RM2 (RD)	URM	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0	
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7	
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4	
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4	
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0	
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A	
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3	
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2	
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2	
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2	
PUNTAJE FINAL, SL1 ≥ S <sub>MIN</sub>	1,00															
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																
SI	<input checked="" type="checkbox"/>															
NO	<input type="checkbox"/>															

Figura 4.14: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Caña

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.14].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera


Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos															
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO					
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES					
										Dirección:		AV. GENERAL ENRIQUÉZ			
										Referencias:		11000160000			
										Nombre de la Edificación:		S/N			
										Número de Pisos:		2			
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:		1			
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:		1			
										Año de Construcción:		1994			
										Uso:		COMERCIAL / RESIDENCIAL			
										Área Total de Pisos:		289			
										Encuestadores:		DANIELA LOOR HERNÁN MOSQUERA			
Fecha de Encuesta:		25 DE ABRIL DE 2016													
OCUPACIÓN															
Asamblea		<input type="checkbox"/>		Industrial		<input type="checkbox"/>									
Comercial		<input checked="" type="checkbox"/>		Oficina		<input type="checkbox"/>									
Serv. Emergencia		<input type="checkbox"/>		Residencial		<input checked="" type="checkbox"/>									
Gobernación		<input type="checkbox"/>		Escuela		<input type="checkbox"/>									
Histórico		<input type="checkbox"/>													
NÚMERO DE PERSONAS															
0 - 10		<input type="checkbox"/>		11 - 100		<input checked="" type="checkbox"/>									
101 - 1000		<input type="checkbox"/>		1000 +		<input type="checkbox"/>									
TIPO DE SUELO															
A		B		C		D		E		F					
ROCA DURA		ROCA PROMEDIO		SUELO DENSO		SUELO RÍGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE					
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input checked="" type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>					
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES															
CHIMENEA		<input type="checkbox"/>		PARAPETO		<input type="checkbox"/>									
REVESTIMIENTO		<input type="checkbox"/>		OTRO		<input type="checkbox"/>									
IRREGULARIDADES															
VERTICAL		<input type="checkbox"/>		TIPO											
PLANTA		<input type="checkbox"/>		TIPO											
COMENTARIOS															
ADOSADOS															
GOLPETEO		<input type="checkbox"/>													
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER		<input type="checkbox"/>													
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SLI															
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)	
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2
Minimum Score, SMIN	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2
PUNTAJE FINAL, SLI ≥ SMIN	1,5														
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA															
SI	<input checked="" type="checkbox"/>														
NO	<input type="checkbox"/>														

Figura 4.15: Formulario FEMA-154, Evaluación de una estructura de Metálica

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Figura 4.15].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

#### 4.3 PROCESAMIENTO DE INFORMACIÓN: Vulnerabilidad Volcánica

La metodología plantea que para realizar un estudio de vulnerabilidad volcánica de las estructuras de la zona 2 de peligro ante una erupción volcánica del volcán Cotopaxi expresa que primero se debe de identificar el tipo de amenaza al cual se quiere analizar. Esta metodología emplea un método cualitativo que se basa en el análisis del grado de susceptibilidad que tiene el elemento expuesto a la amenaza considerada, para de esta manera poder definir el estado de riesgo del elemento. (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Entonces se evaluará la vulnerabilidad física del elemento expuesto, conociendo sus características estructurales y las funciones de las edificaciones.

Como siguiente se procede a revisar la matriz de evaluación de vulnerabilidad volcánica (Anexo 5), donde primero se debe identificar las variables e indicadores de tal manera que se pueda describir y caracterizar cada variable de riesgo. Como se está haciendo un análisis de vulnerabilidad volcánica nuestras variables deben ser medibles. Cada variable debe contar con un indicador que permita caracterizar la variable, en este caso la vulnerabilidad.

Para definir las variables e indicadores de vulnerabilidad de las edificaciones, de manera cualitativa, nos debemos basar en las características físicas de las estructuras, mediante un análisis comprensivo del comportamiento esperado de las estructuras. Tomando en consideración el tipo de amenaza, pero independiente del nivel de intensidad de la misma. (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012)

“Cómo definición, las variables de vulnerabilidad son parámetros que identifican las características estructurales principales de una edificación, y que influyen en su comportamiento frente a las amenazas consideradas.” (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012, pág. 33)



VARIABLE DE VULNERABILIDAD	IMPORTANCIA DE LA VARIABLE Y SUS INDICADORES
Sistema Estructural	El tipo de sistema resistente estructural es la variable básica a considerarse, que proporciona la información mínima necesaria para iniciar el análisis. Las edificaciones de hormigón armado se consideran menos vulnerables que las de madera, paredes portantes o mixtas.
Tipo de material en paredes	El tipo de paredes define por un lado si la estructura es de paredes portantes o si más obedece a tipologías menos vulnerables.
Tipo de cubierta	La cubierta de una estructura no solo proporciona confinamiento al sistema estructural sino califica la debilidad de la misma frente a eventos adversos externos.
Número de pisos	Si la estructura es más alta, típicamente es más vulnerable que las de un piso, pues requiere mayores esfuerzos y cuidados para presentar un buen comportamiento.
Año de construcción	El año de construcción está asociado con la resistencia de códigos de construcción apropiados (inexistentes antes de 1970) e inadecuadamente aplicados (antes de 1980)
Estado de conservación	El grado de conservación califica el posible deterioro de las propiedades mecánicas de los materiales y de su resistencia a las amenazas.
Características del suelo bajo la edificación	El suelo donde está construida es susceptible de facilitar que la amenaza afecte a la edificación. Suelo firme y seco implica menor vulnerabilidad que húmedo.
Topografía del sitio	Si el terreno donde está construida es escarpado genera vulnerabilidades en la edificación, mientras que el terreno a nivel disminuye la vulnerabilidad.

*Tabla 4.1: Importancia de las variables de vulnerabilidad para análisis volcánico* (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012). Importancia de las variables de vulnerabilidad para análisis volcánico. [Tabla 4.1]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

Los indicadores de cada variable vienen escritos en orden de acuerdo a su vulnerabilidad de menor a mayor. Para poder hallar el puntaje de los indicadores se lo realizara mediante un número de acuerdo a su debilidad, “con valores entre cero (menor vulnerabilidad) y diez (mayor vulnerabilidad), donde la escala de vulnerabilidad aumenta no linealmente, conforme aumenta el grado de debilidad del indicador.” (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012, p. 33)

El valor ponderado asignado a cada variable va dependiendo al grado de importancia de dicha variable, los cuales fueron deducidos de acuerdo al conocimiento del posible comportamiento de cada tipología de estructura frente a una amenaza volcánica empleando como modelo las experiencias documentadas de desastres pasados (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012), para lo cual la secretaria de gestión de riesgos establece los siguientes valores mostrados en figura 4.1 para las diferentes variables.

Variable	Valores posibles del Indicador	Ponderación	Valor Mínimo	Valor Máximo
Sistema Estructural	0,1,5,10	0,5	0	5
Tipo de material en paredes	0,1,5,10	0,8	0	8
Tipo de cubierta	0,1,5,10	3	0	30
Número de pisos	0,1,5,10	1	0	10
Año de construcción	0,1,5,10	0,4	0	4
Estado de conservación	0,1,5,10	0,5	0	5
Característica Suelo	0,1,5,10	0,8	0	8
Topografía del sitio	0,1,5,10	3	0	30
		<b>TOTAL</b>	0	100

*Tabla 4.2: Valores de ponderación para cada variable para análisis de vulnerabilidad volcánica* (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012). Valores de ponderación para cada variable para análisis de vulnerabilidad volcánica [Tabla 4.2]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.







Finalmente, una vez identificado el indicador correspondiente a la variable en análisis se lo procede a seleccionar (marcar con una X). Después de seleccionado el indicador adecuado se lo procede a multiplicar por un valor ponderado, obteniendo de esta manera un valor total. Luego se realiza una sumatoria de los valores totales de cada una de las variables con el objetivo establecer un valor único, este valor es denominado índice de vulnerabilidad. (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012)

Cada estructura del sector en análisis tendrá su propio índice de vulnerabilidad de manera que permita contrastar con las diferentes estructuras del sector, de acuerdo a su grado de debilidad o vulnerabilidad ante una amenaza volcánica.

La vulnerabilidad para amenaza volcánica será medida con una escala numérica cualitativa entre 0 y 100 con el fin de identificar que estructuras son más, o menos vulnerables ante amenaza volcánica. (Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Donde una puntuación de 0 indica buenas condiciones físicas de las estructuras y mayor tendencia a enfrentar amenazas de tipo natural, y una puntuación de 100 representa un gran riesgo de colapso de la estructura.

Los resultados de acuerdo a los índices de vulnerabilidad de cada estructura serán presentados en un mapa temático de vulnerabilidad el cual indique el grado de vulnerabilidad de las estructuras del sector en análisis; para esto se ha establecido la siguiente escala de vulnerabilidad (figura 4.2). Esto nos ayudará a identificar las estructuras con mayor riesgo de colapso para que en un futuro se puedan tomar acciones prioritarias y mitigar el riesgo.

Indice de Vulnerabilidad	Característica	Color
0 - 25	Bajo Riesgo de Colapso	
26 - 50	Riesgo de Colapso Medio	
51 - 75	Alto Riesgo Colapso	
76 - 100	Muy Alto Riesgo Colapso	

*Tabla 4.3: Representación de color de acuerdo a nivel de índice de vulnerabilidad*

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACION	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCANICA		PONDERACION	TOTAL
Sistema Estructural	Describe la tipologia estructural predominante en la edificación	Hormigón Armado	1	x	0,5	0,50
		Estructura Metálica	5			
		Estructura de Madera	10			
		Estructura de Caña	10			
		Estructura Pared Portante	5			
		Mixta madera/hormigón	5			
		Mixta metálica/hormigón	5			
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1		0,8	4,00
		Pared de bloque	5	x		
		Pared de piedra	5			
		Pared de adobe	5			
		Pared de madera	5			
Tipo de Cubierta	Describe el material empleado como cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10		3	3,00
		Losa H. Armado	1	x		
		Vigas de madera y zinc	10			
		Caña y zinc	10			
		Vigas de madera y teja	5			
Número de pisos	Se considera el numero de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10		1	1,00
		2 pisos	5			
		3 pisos	1			
		4 pisos	1	x		
		5 pisos o más	1			
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10		0,4	0,00
		entre 1971-1980	5			
		entre 1981-1990	1			
		entre 1991-2010	0	x		
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0		0,5	0,50
		Aceptable	1	x		
		Regular	5			
		Malo	10			
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0		0,8	8,00
		Inundable	10	x		
		Ciénaga	10			
		Humedo, blando, relleno	5			
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construcción indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1		3	30,00
		Bajo nivel calzada	10	x		
		Sobre nivel calzada	1			
		Escarpe positivo o negativo	10			
					TOTAL	47,00

Figura 4.16: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado. [Figura 4.16]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACION	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCANICA		PONDERACION	TOTAL
Sistema Estructural	Describe la tipologia estructural predominante en la edificación	Hormigón Armado	1		0,5	5,00
		Estructura Metálica	5			
		Estructura de Madera	10	x		
		Estructura de Caña	10			
		Estructura Pared Portante	5			
		Mixta madera/hormigón	5			
		Mixta metálica/hormigón	5			
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1	x	0,8	0,80
		Pared de bloque	5			
		Pared de piedra	5			
		Pared de adobe	5			
		Pared de madera	5			
Tipo de Cubierta	Describe el material empleado como cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10		3	30,00
		Losa H. Armado	1			
		Vigas de madera y zinc	10	x		
		Caña y zinc	10			
		Vigas de madera y teja	5			
Número de pisos	Se considera el numero de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10		1	5,00
		2 pisos	5	x		
		3 pisos	1			
		4 pisos	1			
		5 pisos o más	1			
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10		0,4	0,40
		entre 1971-1980	5			
		entre 1981-1990	1	x		
		entre 1991-2010	0			
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0		0,5	2,50
		Aceptable	1			
		Regular	5	x		
		Malo	10			
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0		0,8	8,00
		Inundable	10	x		
		Ciénaga	10			
		Humedo, blando, relleno	5			
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construcción indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1		3	3,00
		Bajo nivel calzada	10			
		Sobre nivel calzada	1	x		
		Escarpe positivo o negativo	10			
					TOTAL	54,70

Figura 4.17: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Madera

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado. [Figura 4.17]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACION	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCANICA		PONDERACION	TOTAL
Sistema Estructural	Describe la tipologia estructural predominante en la edificación	Hormigón Armado	1		0,5	2,50
		Estructura Metálica	5			
		Estructura de Madera	10			
		Estructura de Caña	10			
		Estructura Pared Portante	5	x		
		Mixta madera/hormigón	5			
		Mixta metálica/hormigón	5			
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1		0,8	4,00
		Pared de bloque	5			
		Pared de piedra	5			
		Pared de adobe	5	x		
		Pared de madera	5			
Tipo de Cubierta	Describe el material empleado como cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10		3	15,00
		Losa H. Armado	1			
		Vigas de madera y zinc	10			
		Caña y zinc	10			
		Vigas de madera y teja	5	x		
Número de pisos	Se considera el numero de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10		1	5,00
		2 pisos	5	x		
		3 pisos	1			
		4 pisos	1			
		5 pisos o más	1			
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10	x	0,4	4,00
		entre 1971-1980	5			
		entre 1981-1990	1			
		entre 1991-2010	0			
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0		0,5	2,50
		Aceptable	1			
		Regular	5	x		
		Malo	10			
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0		0,8	8,00
		Inundable	10	x		
		Ciénaga	10			
		Humedo, blando, relleno	5			
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construccion indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1		3	30,00
		Bajo nivel calzada	10	x		
		Sobre nivel calzada	1			
		Escarpe positivo o negativo	10			
					TOTAL	71,00

Figura 4.18: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Adobe

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado. [Figura 4.18]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACION	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCANICA		PONDERACION	TOTAL
Sistema Estructural	Describe la tipologia estructural predominante en la edificación	Hormigón Armado	1		0,5	5,00
		Estructura Metálica	5			
		Estructura de Madera	10			
		Estructura de Caña	10	x		
		Estructura Pared Portante	5			
		Mixta madera/hormigón	5			
		Mixta metálica/hormigón	5			
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1		0,8	4,00
		Pared de bloque	5			
		Pared de piedra	5			
		Pared de adobe	5	x		
		Pared de madera	5			
Tipo de Cubierta	Describe el material empleado como cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10		3	30,00
		Losa H. Armado	1			
		Vigas de madera y zinc	10			
		Caña y zinc	10	x		
		Vigas de madera y teja	5			
Número de pisos	Se considera el numero de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10	x	1	10,00
		2 pisos	5			
		3 pisos	1			
		4 pisos	1			
		5 pisos o más	1			
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10		0,4	0,40
		entre 1971-1980	5			
		entre 1981-1990	1	x		
		entre 1991-2010	0			
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0		0,5	2,50
		Aceptable	1			
		Regular	5	x		
		Malo	10			
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0		0,8	8,00
		Inundable	10	x		
		Ciénaga	10			
		Humedo, blando, relleno	5			
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construccion indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1		3	30,00
		Bajo nivel calzada	10	x		
		Sobre nivel calzada	1			
		Escarpe positivo o negativo	10			
					TOTAL	89,90

Figura 4.19: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Caña

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado. [Figura 4.19]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCION DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACION	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCANICA		PONDERACION	TOTAL
Sistema Estructural	Describe la tipologia estructural predominante en la edificación	Hormigón Armado	1		0,5	2,50
		Estructura Metálica	5	x		
		Estructura de Madera	10			
		Estructura de Caña	10			
		Estructura Pared Portante	5			
		Mixta madera/hormigón	5			
		Mixta metálica/hormigón	5			
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1		0,8	4,00
		Pared de bloque	5	x		
		Pared de piedra	5			
		Pared de adobe	5			
		Pared de madera	5			
Tipo de Cubierta	Describe el material empleado como cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10	x	3	30,00
		Losa H. Armado	1			
		Vigas de madera y zinc	10			
		Caña y zinc	10			
		Vigas de madera y teja	5			
Número de pisos	Se considera el numero de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10		1	5,00
		2 pisos	5	x		
		3 pisos	1			
		4 pisos	1			
		5 pisos o más	1			
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10		0,4	0,00
		entre 1971-1980	5			
		entre 1981-1990	1			
		entre 1991-2010	0	x		
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0		0,5	0,50
		Aceptable	1	x		
		Regular	5			
		Malo	10			
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0		0,8	8,00
		Inundable	10	x		
		Ciénaga	10			
		Humedo, blando, relleno	5			
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construccion indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1		3	30,00
		Bajo nivel calzada	10	x		
		Sobre nivel calzada	1			
		Escarpe positivo o negativo	10			
					TOTAL	80,00

Figura 4.20: Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura Metálica

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012) Formulario Evaluación de Vulnerabilidad Volcánica de una estructura de Hormigón Armado. [Figura 4.20]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.

## Capítulo V: ANÁLISIS DE RESULTADOS

### 5.1 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD SÍSMICA DEL SECTOR DEL RIVER MALL.

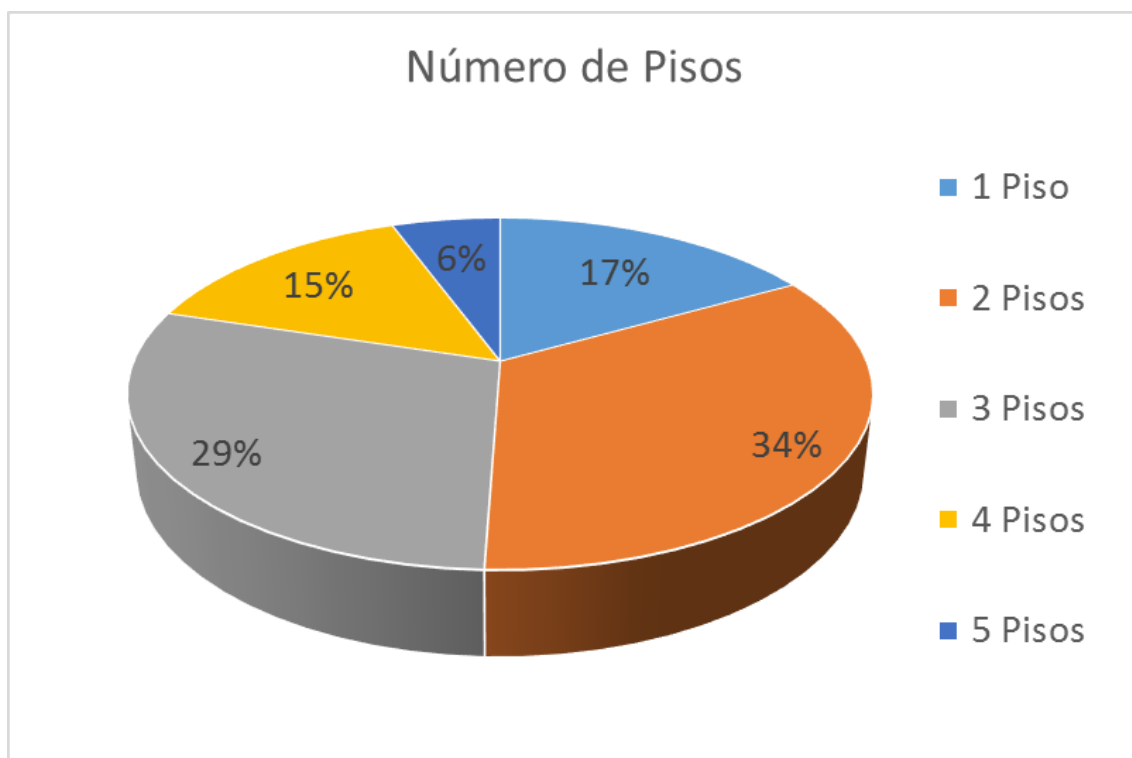
#### 5.1.1 Clasificación de acuerdo al número de pisos

De acuerdo a nuestra área de investigación que tiene como estructura predominante al centro comercial RIVER MALL y un total de 89 viviendas evaluadas, que están colindantes con el río santa clara y que abarca un área de 13,4 hectáreas de estudio. Lo primero que se realizó fue la categorización de viviendas de acuerdo a su número de pisos. En la tabla a continuación se muestran los resultados:

Número de Pisos	Número de Viviendas	Porcentaje %
1 Piso	15	17%
2 Pisos	30	34%
3 Pisos	26	29%
4 Pisos	13	15%
5 Pisos	5	6%
<b>Total:</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

*Tabla 5.1: Resumen de Número de Pisos de las Estructuras*





*Figura 5.1: Clasificación de las viviendas de acuerdo al número de pisos*

Con los datos obtenidos se puede determinar que las estructuras predominantes del sector son las estructuras que tienen un número de dos pisos y tres pisos con un porcentaje de 34% y 29% respectivamente de las estructuras de toda el área de análisis.

#### 5.2.2 Clasificación de acuerdo al tipo estructura

Adelante se presentará información detallada de los tipos de estructuras existentes en el sector, esto nos ayudará a identificar cuál es el tipo de estructura predominante del total de las estructuras evaluadas.

Hay que tomar en cuenta que todavía existen estructuras muy vulnerables debido a que no cuentan con un diseño sismo resistente, por lo que son estructuras que tienen más de 50 años de construcción y que no cumplen con los requerimientos mínimos para evitar su colapso.

Tipo de Estructura	Número de Viviendas	Porcentaje %
Hormigón Armado	76	85%
Acero	1	1%
Adobe	9	10%
Madera	2	2%
Caña	1	1%
<b>Total:</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

Tabla 5.2: Resumen Tipo de estructura empleado

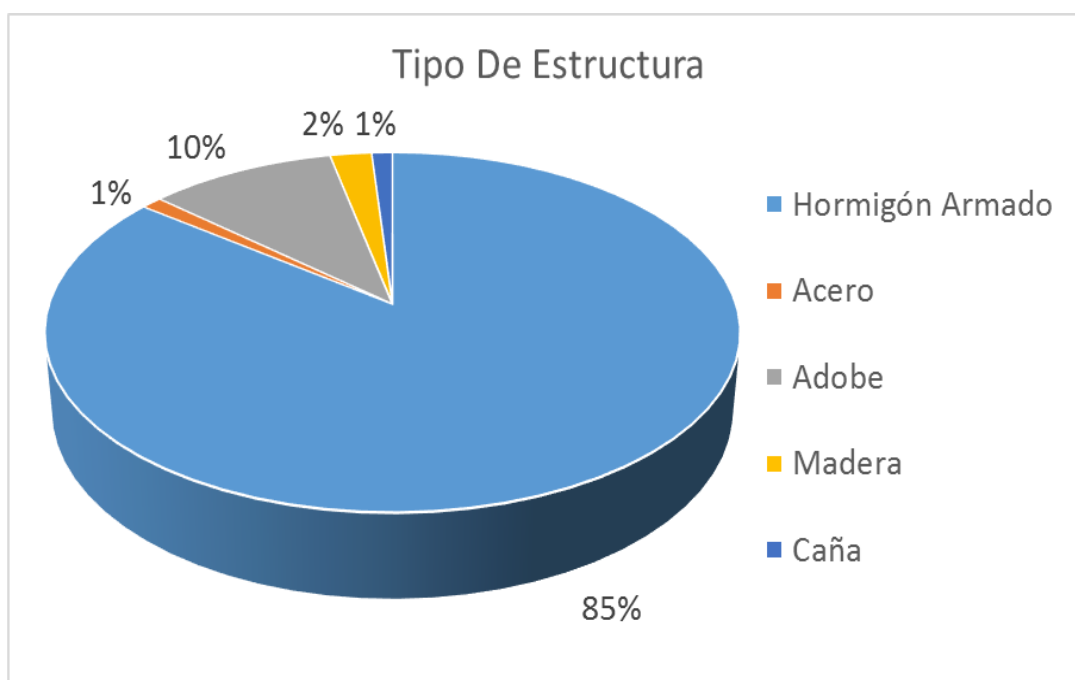


Figura 5.2: Clasificación de las viviendas de acuerdo al tipo de estructura empleado

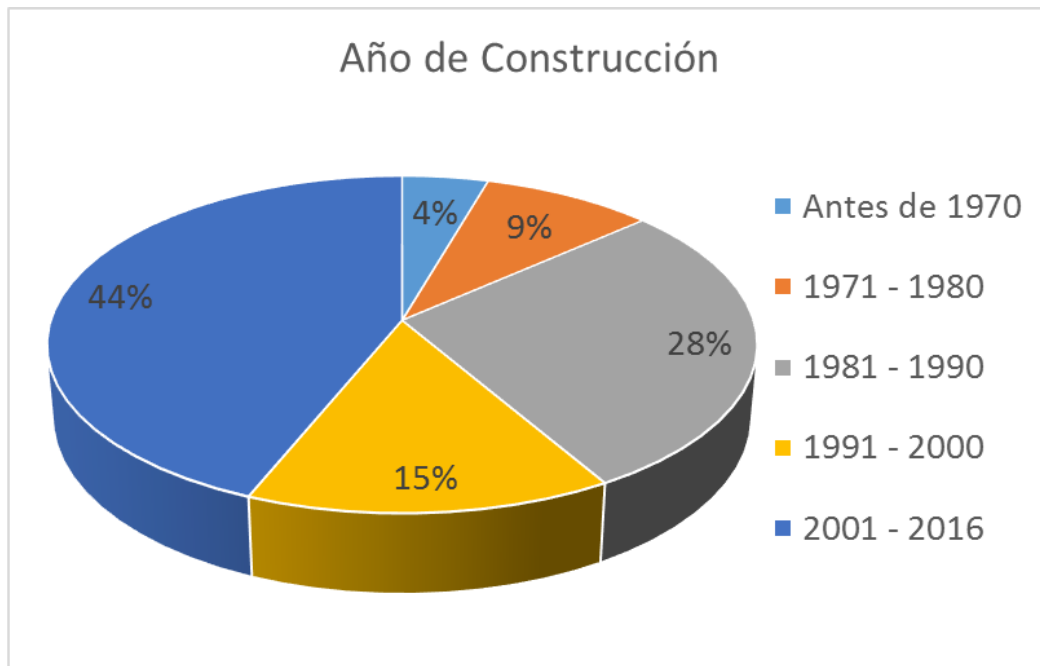
En los gráficos podemos observar que el tipo de estructura predominante del sector con un 86% de representación, es la estructura de hormigón armado. Así también existen construcciones hechas con caña, adobe y madera que con la evaluación que se realizó se pudo se puede detectar que son estructuras que ante los peligros de posibles sismos son susceptibles a mayores daños en su sistema estructural.

### 5.2.3 Clasificación de acuerdo al año de construcción

Conocer los años de las estructuras es un dato importante porque se lo utiliza para determinar si las estructuras son vulnerables ante posibles eventos sísmicos de magnitud considerable, porque puede decir que las normativas de construcción antes de los años 70 eran deficientes. Así también nos permite adicional a la inspección visual corroborar si tienen un buen estado o mal estado, o su conservación al transcurso de los años.

<b>Año de Construcción</b>	<b>Número de Viviendas</b>	<b>Porcentaje %</b>
Antes de 1970	4	4%
1971 - 1980	8	9%
1981 - 1990	25	28%
1991 - 2000	13	15%
2001 - 2016	39	44%
<b>Total:</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

*Tabla 5.3: Resumen Años de Construcción de las Viviendas*



*Figura 5.3: Clasificación de las viviendas debido al año de construcción*

Con los resultados obtenidos se puede ver que existen solo un 5% de estructuras que tienen más de 45 años de construcción, lo cual es un dato que indica que el número de posibles colapsos será el mínimo.

Otro dato que se lo considera positivo es que en las estructuras evaluadas en el sector el 45% son construidas a partir del 2001 lo que es un indicador que son estructuras poseen un diseño sismo resistente el cual garantiza que las estructuras no tienden a sufrir mayores daños, esto quiere decir que su riesgo de colapso no es muy alto ante un fuerte sismo, sin descartar que estas estructuras se pueden ver afectadas por otro factor.

#### 5.2.4 Clasificación de acuerdo al tipo falla

Existen varios tipos de fallas que frecuentemente se presentan en las estructuras las cuales deberían ser identificadas a tiempo y ser corregidas tratando de evitar tragedias o pérdidas

de vidas humanas ante un desastre natural como sismos o erupciones volcánicas que es lo que nos interesa en nuestra investigación.

Algo que es importante considerar es que las estructuras que estén en mal estado, o mal conservadas pueden causar daños a edificaciones colindantes.



*Figura 5.4: En la Fotografía anterior se puede visualizar que puede existir golpeteo entre las estructuras.*



*Figura 5.5: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo revestimiento e irregularidad en planta.*



*Figura 5.6: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo parapeto.*





*Figura 5.7: En la Fotografía anterior se puede visualizar que el revestimiento de la estructura que puede ceder en un fuerte sismo.*



*Figura 5.8: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla de tipo revestimiento.*



*Figura 5.9: En la Fotografía anterior se puede visualizar una falla vertical de piso blando en los parqueaderos.*



*Figura 5.10: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad piso blando.*





*Figura 5.11: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad vertical.*



*Figura 5.12: En la Fotografía anterior se puede identificar una irregularidad vertical, piso fuera de plano.*

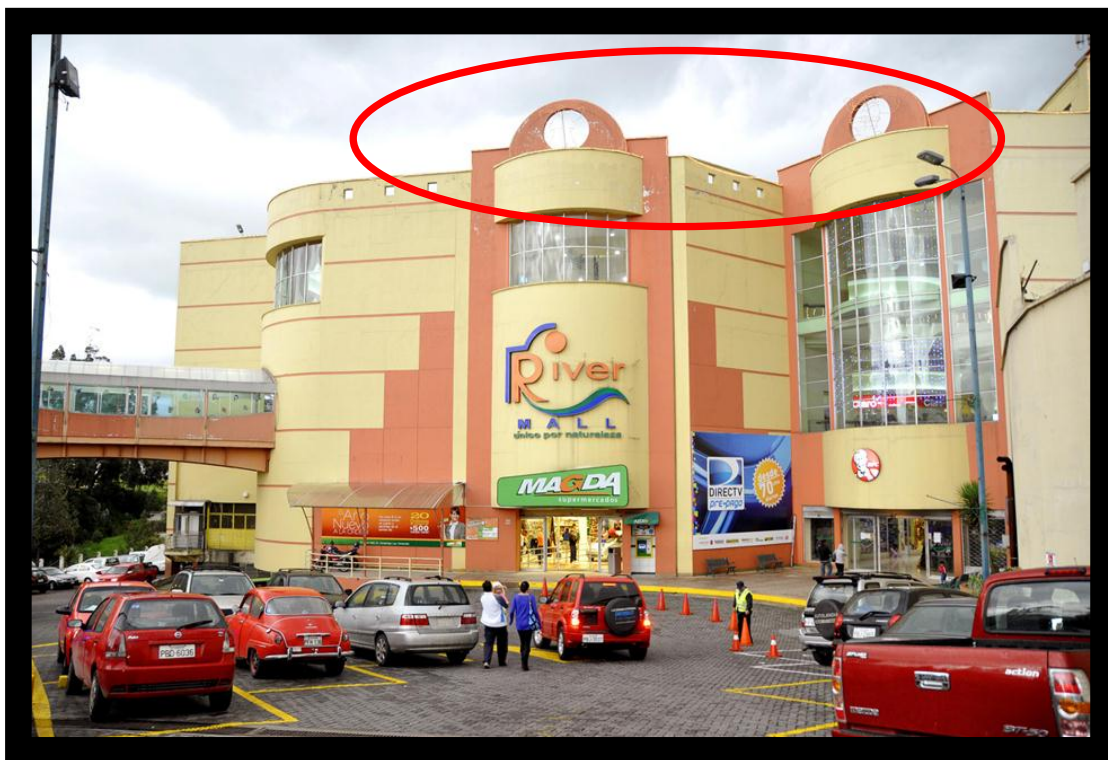


Figura 5.13: En la Fotografía anterior se puede identificar una falla tipo parapeto que puede caer.



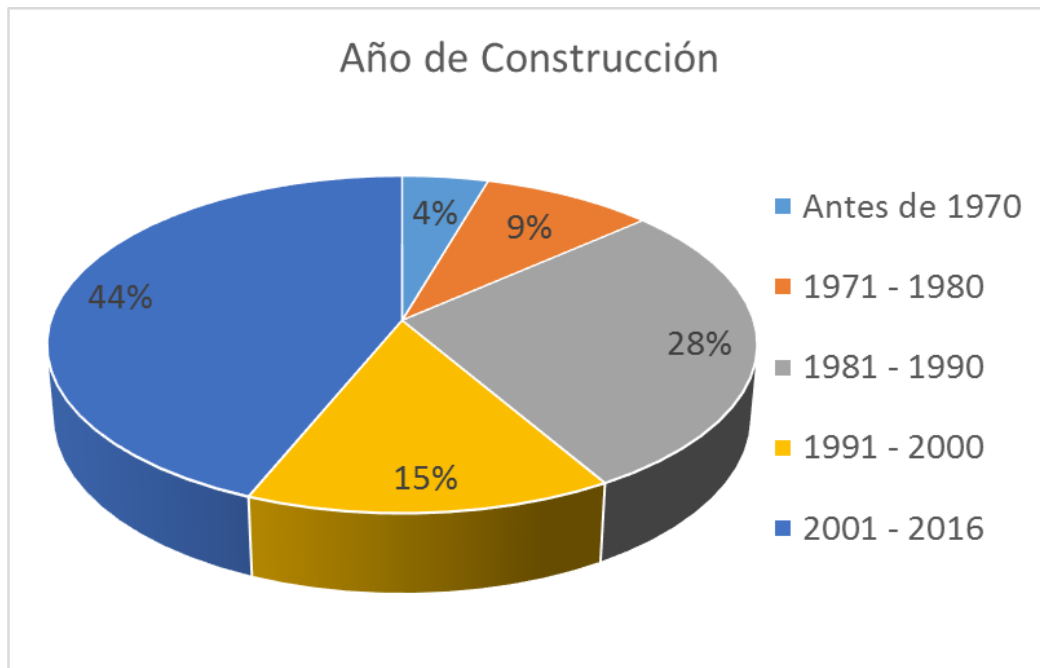
Figura 5.14: En la Fotografía anterior se puede identificar una falla tipo chimenea que puede caer.

Entonces se ha elaborado el siguiente cuadro de resumen en donde se encuentran descritos en porcentajes cuantas de las estructuras en análisis presentan algún tipo de irregularidad, o peligro de elementos que puedan colapsar.

Es notorio en el tipo de construcciones que existen en el sector que las fallas que se pueden generar ante un posible desastre natural ya sea un evento sísmico o un evento volcánico generara muchos tipos de fallas en las estructuras por tener en la mayoría un mal diseño o pocas consideraciones de prevención de colapso.

<b>Tipo de Falla</b>	<b>Número de Viviendas</b>	<b>Porcentaje %</b>
Golpeteo	25	28%
Irregularidad Vertical	33	37%
Irregularidad en Planta	48	54%
Parapeto	49	55%
Chimenea	5	6%
Revestimiento	11	12%
<b>Total</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

*Tabla 5.4: Tipos de Fallas en las Estructuras*



*Figura 5.15: Fallas frecuentes observadas en la zona II de peligro ante una posible erupción del volcán Cotopaxi, sector River Mall*

En la clasificación de acuerdo al tipo de falla como dato característico que resulto de las evaluaciones de las estructuras es que se encuentra en primer lugar con un 29% a estructuras con parapetos que causaran los mayores riesgos de afectaciones a las vidas humanas en el caso ocurrir un sismo de magnitud considerable, además que se encontraron en segundo lugar con un 20% a estructuras que tienen irregularidad vertical las cuales según la norma (FEMA-154) la mayoría son consideradas severas, entre ellas columna corta, piso blando, piso fuera de plano.

### 5.2.5 Cuadro de Resumen de Riesgo de Colapso de Estructuras ante un Sismo

A continuación, se representa los resultados obtenidos después de haber llenado los formularios de vulnerabilidad sísmica, y de acuerdo a los puntajes obtenidos por cada estructura se los podrá identificar de la siguiente manera ante un riesgo de colapso.

Riesgo de Colapso	Numero de Estructuras	Porcentaje %
Muy Alto	16	18%
Alto	42	47%
Medio	31	35%
<b>TOTAL:</b>	<b>89</b>	<b>100%</b>

Tabla 5.5: Numero de estructuras y su riesgo de colapso







Figura 5.16: Porcentaje de viviendas que tiene riesgo de colapso en el sector del River Mall

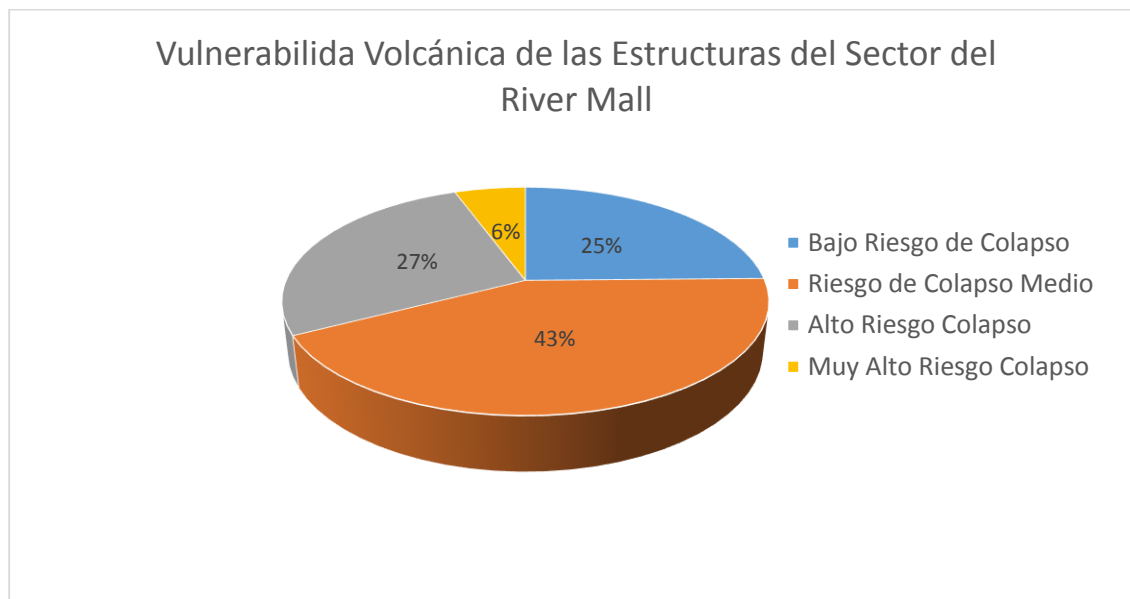
En la figura 5.16 se puede observar que el 18% de las estructuras existentes en el sector del River Mall tienen un muy alto riesgo de colapso, mientras que un 47% de las estructuras tiene un riesgo alto y finalmente el 33% tiene un riesgo medio de colapso, lo cual indica que más del 60% de las estructuras se verán afectadas ante un sismo de magnitud considerable.

## 5.2 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE VULNERABILIDAD VOLCÁNICA DEL SECTOR DEL RIVER MALL.

Después de llenar todos los formularios con la información obtenida en campo y en el catastro de la página web del municipio de Rumiñahui, se procedió a procesar los datos y calcular los índices de vulnerabilidad de cada estructura, obteniendo de esta manera los siguientes resultados:

Indice de Vulnerabilidad	Característica	Color	Número de Estructuras	Porcentaje %
0 - 25	Bajo Riesgo de Colapso		22	25%
26 - 50	Riesgo de Colapso Medio		38	43%
51 - 75	Alto Riesgo Colapso		24	27%
76 - 100	Muy Alto Riesgo Colapso		5	6%

*Tabla 5.6: Resumen de vulnerabilidad de las estructuras del sector de River Mall ante colapso.*



*Figura 5.17: Resultados de vulnerabilidad de las estructuras del sector de River Mall ante colapso.*

En la figura 5.16 se puede observar que tan solo un 6% de las estructuras del sector desaparecerían por completo entre los lahares que llegarían del volcán Cotopaxi a través del río Santa Clara. Además, podemos observar que el 43% de las estructuras del sector tienen un riesgo medio de colapso, esto debido que se encuentran bien cimentadas y con estructuras en buenas condiciones.

En las siguientes figuras se podrá observar los resultados obtenidos representados en un mapa del sector en análisis, el mapa está dividido en tres secciones para poder apreciar de una manera clara cuales son las estructuras que tienen mayor y menor riesgo de colapso.



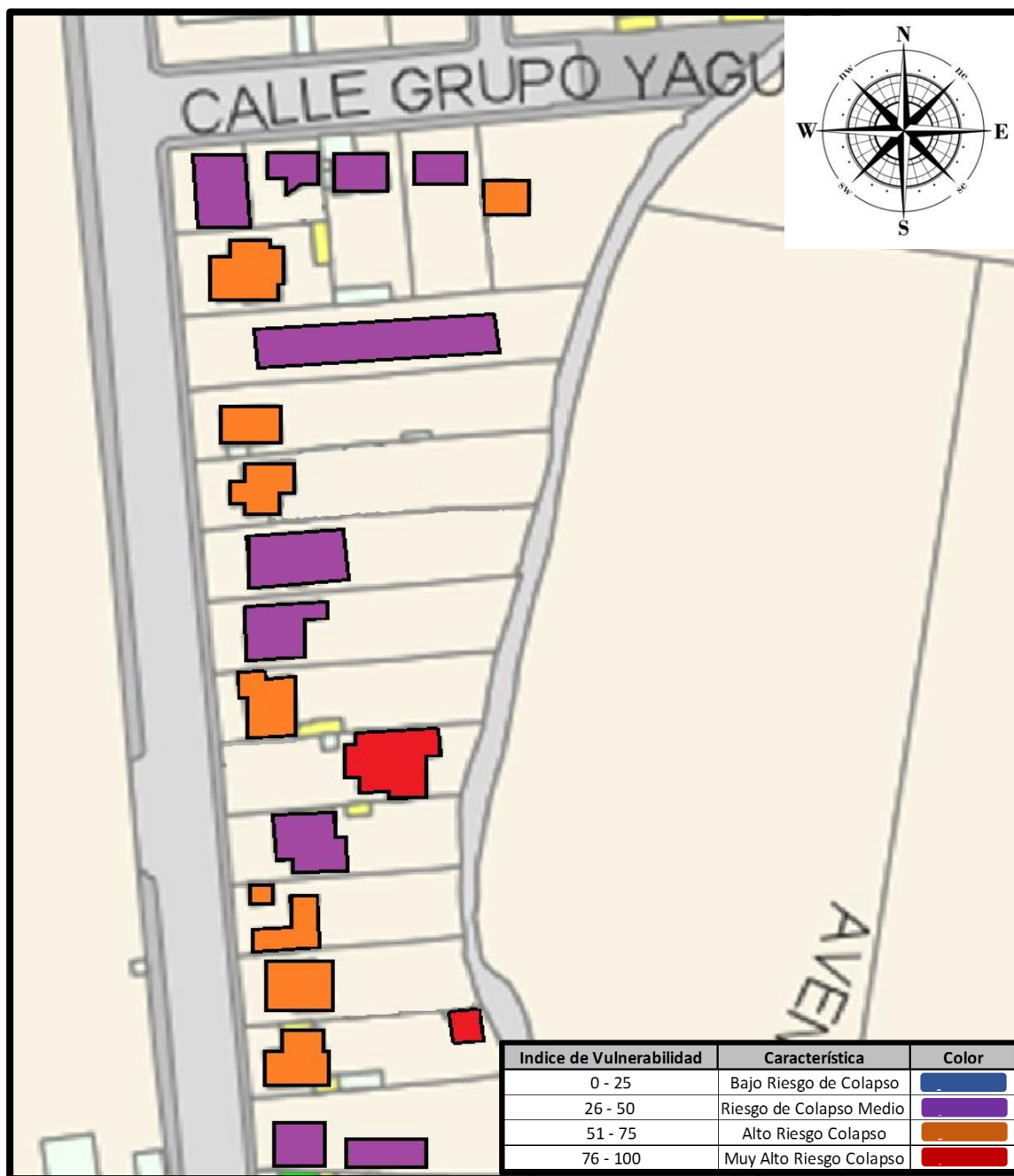


Figura 5.18: **Sección 1** - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.18]. Tomado de: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.



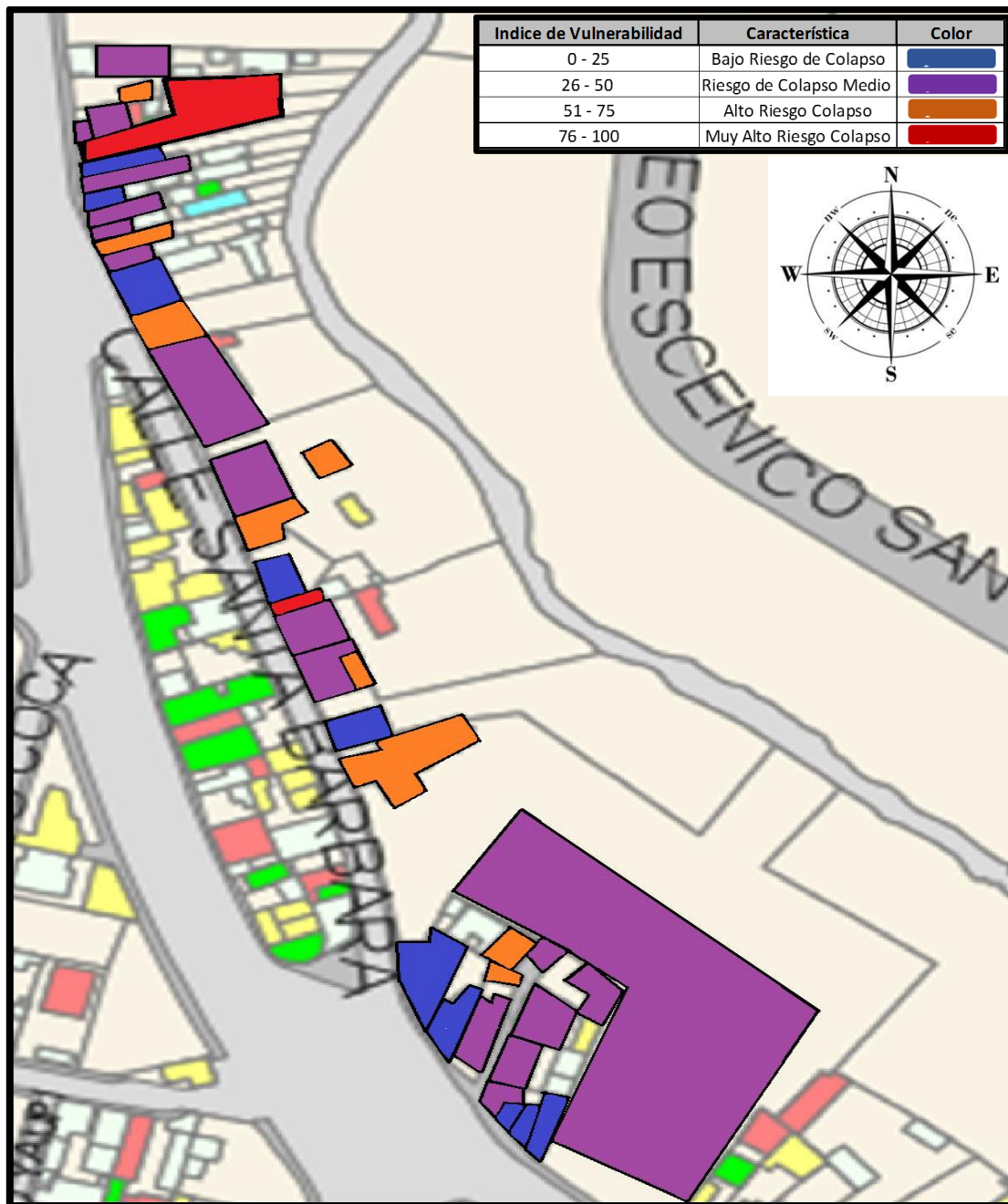


Figura 5.19: **Sección 2** - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.19]. Tomado de: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loo y Hernán Mosquera.

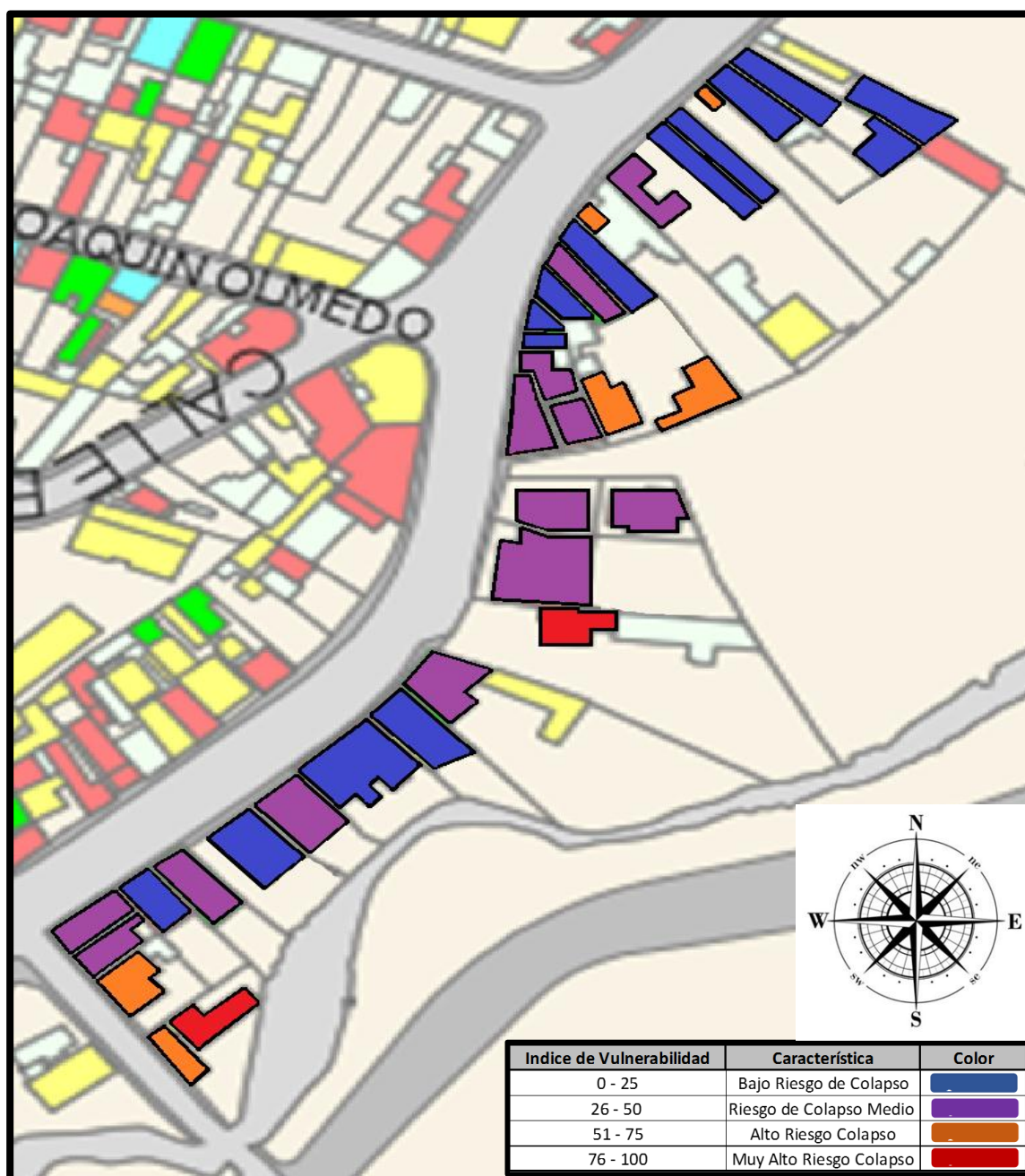


Figura 5.20: **Sección 3** - Calificación de Riesgo de colapso de las estructuras debido a vulnerabilidad volcánica

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.20]. Tomado de: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.

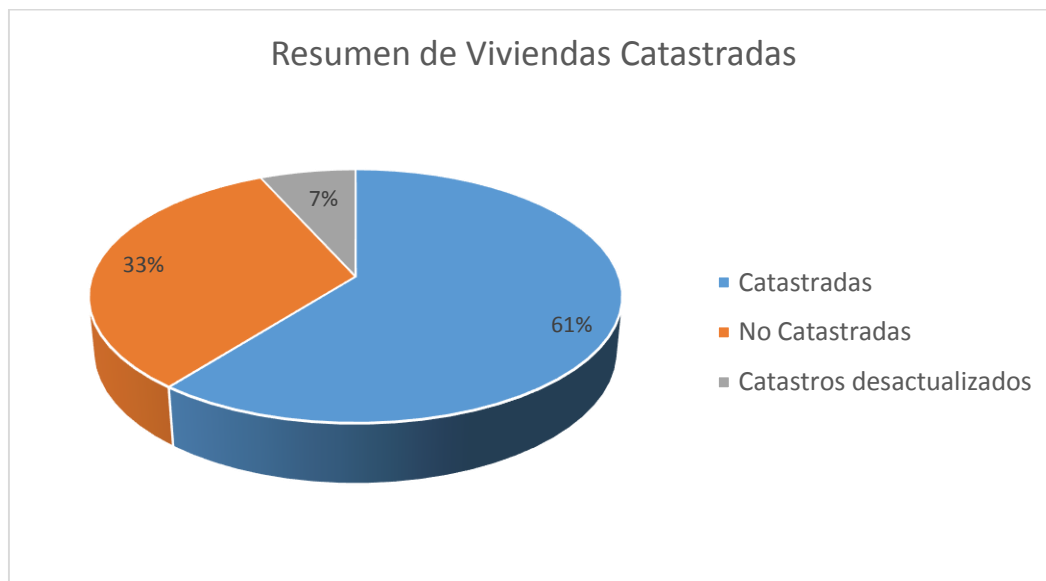
### 5.3 RESULTADOS DE IDENTIFICACIÓN DE VIVIENDAS CATASTRADAS

A continuación se detalla el contraste de información obtenida a través del catastro digital que se encuentra disponible en la página web del Gobierno Municipal de Rumiñahui, con la información recolectada de inspección visual en campo.

Descripción	Número de Viviendas	Porcentaje %
<b>Catastradas</b>	54	61%
<b>No Catastradas</b>	29	33%
<b>Catastros desactualizados</b>	6	7%
<b>Total:</b>	89	100%

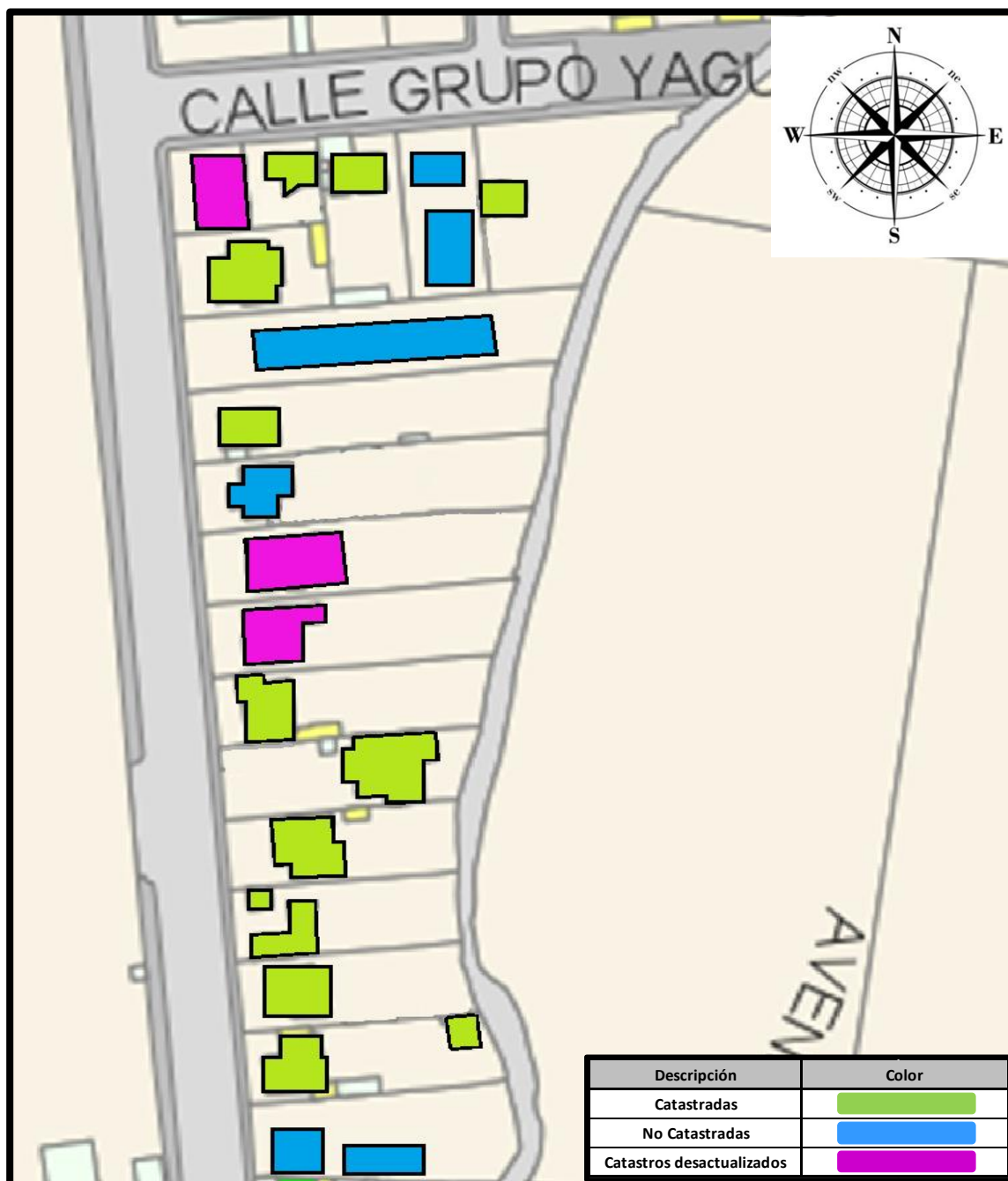
*Tabla 5.7: Resumen de las viviendas catastradas en el sector de análisis.*

Como resultados podemos observar que el 40% de las viviendas contabilizadas en el levantamiento de información en campo no se encuentran registradas o actualizadas en el catastro que se encuentra en la página web [www.ruminahui.gob.ec](http://www.ruminahui.gob.ec). Mientras que el 60% de las otras casas si se encuentran acorde al catastro digital.



*Figura 5.21: Resultados las viviendas catastradas en el sector de análisis.*

A continuación, se encuentran los resultados obtenidos descritos en un mapa en donde las viviendas de color verde forman parte del 60% de casas catastradas, el color celeste representa a las casas que no se encuentran en el catastro que corresponde al 33%, mientras que el color violeta identifica al 7% de las viviendas cuya información obtenida en campo no coincide con la información existente en el catastro digital.



*Figura 5.22: Sección 1 – Identificación de viviendas catastradas*

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.22]. Tomado de:

[http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.



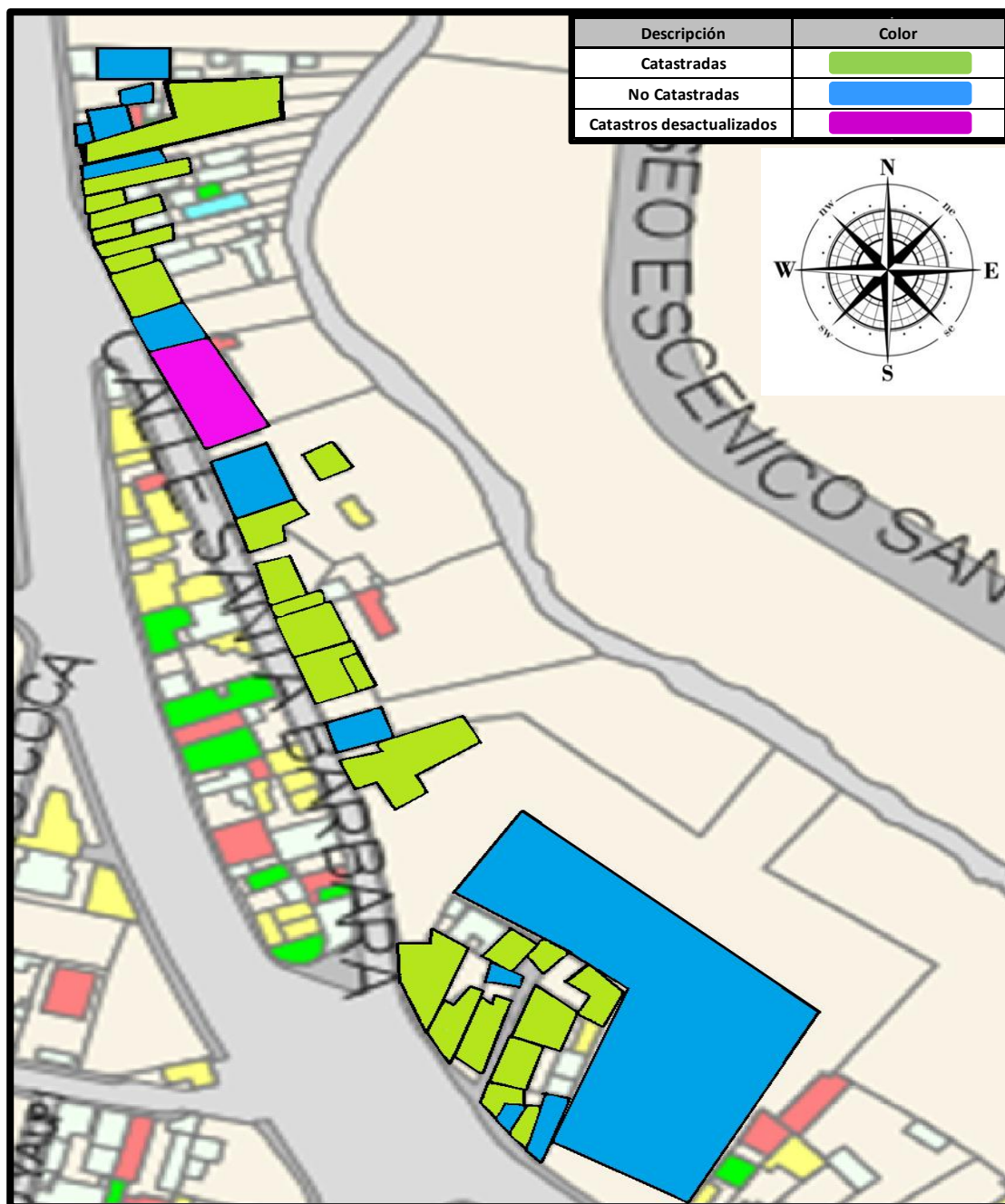


Figura 5.23: **Sección 2** – Identificación de viviendas catastradas

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.23]. Tomado de: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.

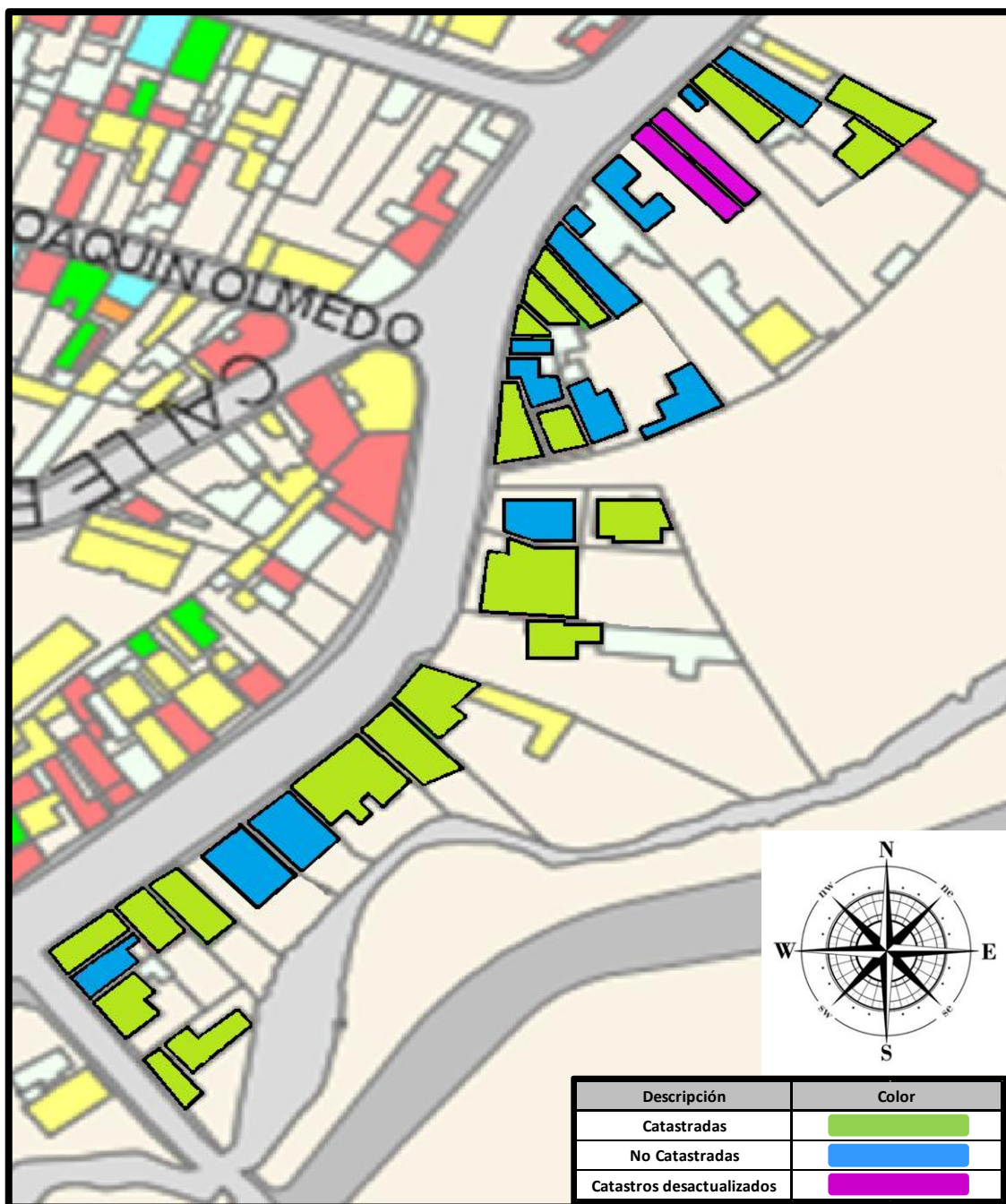


Figura 5.24: **Sección 3** – Identificación de viviendas catastradas

(RUMIÑAHUI, Catastro, 2014). Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Rumiñahui, Catastros. [Figura 5.24]. Tomado de:

[http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/) Modificado por: Daniela Loor y Hernán Mosquera.

## CAPITULO VI: CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y COMENTARIOS

### ***Conclusiones***

Después de haber analizado un total de 89 estructuras existentes dentro de la zona 2 de peligro ante posibles eventos sísmicos que podrían ser producidos por la falla de Quito que afectaría de manera directa a nuestro sector esperando un sismo de magnitud 7.2 se presentan las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos de la vulnerabilidad sísmica del sector en análisis se puede determinar que el 65% de las estructuras analizadas tienen un puntaje menor a 2 por lo cual la FEMA-154 indica que requieren una evaluación detallada de la estructura. Mientras que el 35% de las estructuras analizadas a pesar de tener un puntaje bajo debido a la zona sísmica que se encuentran no requieren una evaluación detallada.

Del total de 89 estructuras existentes se obtuvo como resultado que el 34% de las viviendas están construidas con 2 pisos, el 29% están construidas de 3 pisos, el 17% están construidas de 1 piso, el 15 % están construidas de 4 pisos y el 6% esta construidas de 5 pisos, dando como dato final que las estructuras de 2 pisos son aquellas caracteriza al sector analizado.

De acuerdo al tipo de estructuras las representativas del sector son las estructuras construidas en hormigón armado con un 85% de un total de 89 estructuras analizadas, adicional se encontró que el 1% de las estructuras son de acero, el 10% de las estructuras son de adobe, el 2% de las estructuras son de madera y el 1% de las estructuras son de caña, detectando así



un alto índice de destrucción de madera, adobe y caña por no poseer un sistema estructural correcto además que no hacen uso de un código de diseño estructural.

Como resultado de la caracterización de las estructuras por sus años de construcción se obtuvieron los siguientes indicadores, las viviendas construidas entre los años 2001 y 2006 dan el 44% de representación de un total de 89 viviendas analizadas del sector, las viviendas construidas entre los años 1981 y 1990 son el 28%, las viviendas construidas entre los años 1991 y 2000 son el 15%, las viviendas construidas entre los años 1971 y 1980 son el 9%, y las casas construidas antes de 1970 son el 4% con estos porcentajes podemos llegar a la conclusión que las viviendas del sector en su mayoría son viviendas que tienen entre 10 y 16 años y que por lo tanto estas viviendas ya deben contar con un sistema estructural adecuado que se apegue a los requerimientos establecidos en la NEC-SE-RE de diseño sismo resistente, pero aun así se pudo constatar que existen muchas estructuras construidas sin la aplicación de ninguna normativa.

De la totalidad de 89 estructuras analizadas del sector se encontró que la mayoría por no cumplir con normativas de diseño poseen el 55% de las estructuras falla tipo parapeto, el 54% posee irregularidad en planta, el 37% posee irregularidad vertical, el 28% posee golpeteo, el 12% posee falla por revestimiento y el 6% posee falla por colapso de chimenea, dando así como resultado que la mayor falla que podría presentarse en las estructuras es porque parte de la estructura se desprenda en un posible evento sísmico y que al caer estas provoque la pérdida de muchas vidas humanas, así también como se muestra un alto índice de

irregularidades en planta de las estructuras existentes es un problema al que se le debe poner más atención para futuras construcciones debido a que generan inestabilidad estructural.

Después de haber analizado un total de 89 estructuras existentes dentro de la zona 2 de peligro ante la posible erupción del volcán Cotopaxi que afectará con daños significativos a las estructuras del sector debido a los grandes lahares que serían conducidos por el río Santa Clara en consecuencia se presentan las siguientes conclusiones:

De acuerdo a los resultados obtenidos del análisis de vulnerabilidad volcánica del sector 2 de peligro ante una posible erupción del volcán Cotopaxi se ha podido identificar que el 6% de las estructuras tienen un riesgo muy alto de colapso, esto debido que se encuentran a orillas del río Santa Clara. También se puede observar que un 43% de las estructuras analizadas tienen un riesgo medio de colapso, es decir este tipo de estructuras se verán afectadas si se encuentran ubicadas en zonas inundables, lugares en donde los lahares que descienden desde el Cotopaxi pueden dejar algún daño menor en la estructura.

Finalmente se pudo conocer que tan solo el 61% de las viviendas analizadas en el sector del River Mall se encuentran registradas en el catastro digital, el 7% tienen el registro de catastro, pero con información desactualizada que difiere con lo observado en campo, y finalmente un 33% de viviendas no se encuentran registradas en el catastro digital existente en la página web del gobierno de Rumiñahui.

### ***Recomendaciones***

Para realizar una inspección técnica visual de las estructuras según lo recomienda la FEMA-154, se la debe de realizar con un grupo de trabajo en el cual exista un profesional experto en el tema que ayude a identificar todos los tipos de fallas que puede existir en las estructuras en análisis, además de que los encuestadores deben de ser personas preparadas y con conocimiento en el tema de estructuras para así de esta manera poder realizar un trabajo rápido y bastante concreto y exacto.

En el caso de realizar una evaluación detallada de las estructuras como lo sugiere la FEMA-154 en caso de que la estructura tenga una puntuación inferior a 2, pues el encuestador deberá solicitar al propietario de la construcción información necesaria como planos y especificaciones del edificio, además de reportes de cualquier modificación, alteración o adición realizada a la estructura. Esto con la finalidad de realizar una evaluación con información verídica la cual ayude a obtener una puntuación más exacta de la edificación en análisis.

Controlar por medio del municipio de Rumiñahui, que el crecimiento poblacional no se extienda hacia las orillas del río para evitar construcciones que tengan altos riesgos de colapso ante posibles eventos volcánicos.

Se puede investigar técnicas para encausar el río Santa Clara y mitigar los riesgos ante posibles descensos de lahares que puedan ser conducidos a través de este río mediante sistemas de contención que ayuden a proteger las estructuras más cercanas al río.

### ***Comentarios***

Dado al tema de análisis que se pudo llevar a cabo en este trabajo de investigación, es muy recomendable que el Municipio, entidad encargada de la regularización de uso de suelo, en conjunto con la secretaria de gestión de riesgos puedan planificar y regularizar el uso de suelo de los sectores, o lugares considerados de riesgo para de esta manera evitar que existan construcciones en zonas de riesgo y evitar la pérdida de vidas humanas, y pérdidas materiales que puedan afectar al desarrollo de la sociedad del sector.

La identificación del grado de vulnerabilidad de estructura ante un fenómeno natural como sismo o erupción volcánica nos permite identificar su riesgo de daño o colapso, y de esta manera poder elaborar un plan de respuesta o prevención para la protección de la infraestructura crítica, por ende, la protección de vidas humanas.

La inexistencia de códigos o normativas de construcción causan un incremento en la vulnerabilidad de la estructura en aquellas construidas hace varios años, así como también el incumplimiento y la falta de control de las normas o códigos de construcción actuales causan incertidumbre en el comportamiento de la estructura ante una amenaza de origen natural.

## BIBLIOGRAFÍA

- Daniel Andrade, M. H.-P. (2005). *Los Peligros Volcánicos asociados con el Cotopaxi*. Quito: Corporación Editora Nacional.
- es.wikipedia.org. (22 de Marzo de 2016). <https://es.wikipedia.org>. Obtenido de [https://es.wikipedia.org: https://es.wikipedia.org/wiki/Volc%C3%A1n\\_Cotopaxi](https://es.wikipedia.org/wiki/Volc%C3%A1n_Cotopaxi)
- FEMA. (2015). *Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards: A Handbook*. Washington, d.c.: nehrp.
- GoogleMyMaps. (29 de 08 de 2016). *Mapa Sangolquí*. Obtenido de GoogleMyMaps: [https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1j5gsLB7GZwU\\_Rn1Z6DKIzvoamp0](https://www.google.com/maps/d/edit?mid=1j5gsLB7GZwU_Rn1Z6DKIzvoamp0)
- Heredia, V. (17 de Noviembre de 2015). Familias enteras se mudan para alejarse del peligro del volcán. *EL COMERCIO*.
- IGEPN. (31 de Octubre de 2015). Obtenido de IGEPN: <http://www.igepn.edu.ec/cotopaxi>
- IGEPN. (22 de Enero de 2016). *Instituto Geofísico*. Obtenido de igepn: <http://www.igepn.edu.ec/>
- Jorge Ordóñez, P. S. (2013). *LAS POTENCIALES ZONAS DE INUNDACIÓN POR LAHARES EN EL VOLCAN COTOPAXI*. Quito.
- NEC. (12 de 2014). *Peligro Sísmico Diseño Sismo Resistente*. Obtenido de HabitatyVivienda: <http://www.habitatyvivienda.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/02/NEC-SE-DS-Peligro-S%C3%ADsmico-parte-1.pdf>
- NEC. (2015). *RIESGO SÍSMICO*. QUITO: NEC.
- Pilar Cornejo de Grunauer, J. M. (2012). *PROPUESTA METODOLÓGICA Análisis de Vulnerabilidades a nivel Municipal*. Quito: AH/editorial.
- RUMIÑAHUI, G. A. (2014). *Catastro*. Obtenido de GOBIERNO AUTÓNOMO DESCENTRALIZADO MUNICIPAL DE RUMIÑAHUI: [http://catastro\\_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/](http://catastro_online.ruminahui.gob.ec/mapserver2014/gadmur/)
- Rumiñahui, G. A. (10 de 03 de 2015). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2015*. Obtenido de SNI: [http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1760003920001\\_DOCUMENTO%20DIGANOSTICO\\_10-03-2015\\_19-55-43.pdf](http://app.sni.gob.ec/visorseguimiento/DescargaGAD/data/sigadplusdiagnostico/1760003920001_DOCUMENTO%20DIGANOSTICO_10-03-2015_19-55-43.pdf)
- RUMIÑAHUI, G. A. (25 de abril de 2016). *ruminahui.gob.ec*. Obtenido de [www.ruminahui.gob.ec](http://www.ruminahui.gob.ec): <http://www.ruminahui.gob.ec/index.php?lang=es>
- Rumiñahui, I. M. (2003). *Plan de conservación del Centro Histórico de Sangolquí*. Sangolquí: Dirección de Planificación y Desarrollo.

Vega, J. N. (1995). *Tectonic development of Panama, Costa Rica, and the Colombian Andes: Constraints from Global Positioning System Geodetic Studies and Gravity*. South Carolina: Geological Society of America.

Wikipedia. (2 de agosto de 2016). *es.wikipedia.org*. Obtenido de [https://es.wikipedia.org:https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice\\_de\\_explosividad\\_volc%C3%A1nica](https://es.wikipedia.org:https://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_explosividad_volc%C3%A1nica)

Yepes, H. (15 de AGOSTO de 2014). Breve Reseña de los Sismos Provenientes de la Falla Geológica de Quito que han Afectado a la Capital. *EL COMERCIO*, pág. 1.

## ANEXOS

## Anexo1: Formulario Recolección de Datos en Campo (Frontal)

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE INGENIERIA  
TESIS DE PREGRADO

### FICHA DE EVALUACION DE LA VIVIENDA

FICHA NO: \_\_\_\_\_

#### FECHA:

#### 1.- DATOS GENERALES

Nombre Propietario:	No.- del Registro
---------------------	-------------------

NOMBRE DEL TESISISTA:
-----------------------

#### 2.- DATOS DE LA VIVIENDA

LOCALIZACIÓN DE LA VIVIENDA
-----------------------------

Provincia:	Ciudad:	Parroquia Urbana
Parroquia:	Dirección:	Casa/lote No.
Barrio:		

#### 3.- SERVICIOS BÁSICOS

Agua:			Energía Eléctrica:
Alcantarillado:			Aceras, bordillo:
Trazado de vías:	Si	No	Características de la vía:

#### 4.- PROPIEDAD DE LA VIVIENDA

Fecha de escritura:	Posesión avalizada por el Municipio:	Si	No
---------------------	--------------------------------------	----	----

#### 5.- CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:

Área del terreno (m2):	Orientación	Dimensiones (m)	Retiro (m)	Adosamiento	Frente a la calle
	Norte				
Pendiente aproximada:	Sur				
	Este				
	Oeste				

#### 6.- CARACTERÍSTICAS GENERALES DE LA CONSTRUCCIÓN

Material predominante	Estado de la vivienda			Área de construcción	Datos Generales
	Bueno	Regular	Malo		
Cubierta				Área planta baja:	No.- de pisos:
Paredes					
Pisos				Área otras plantas:	No.- de cuartos:
Puertas					
Ventanas				Área Total de Construcción:	Edad estimada de la construcción:



## Anexo2: Formulario Recolección de Datos en Campo (Posterior)

### 7.- CARACTERÍSTICAS ESPECÍFICAS DE ESTRUCTURA DE VIVIENDA Y CUBIERTA

Material predominante	Estado de la vivienda			
	Madera	Hormigon	Zinc	Otro
CUBIERTA				

Material predominante	Estado de la vivienda				
	Ladrillo	Bloque	Tapial	Madera	Otro
PAREDES					

Material predominante	Estado de la vivienda			
	Hormigon	Cerámica	Madera	Otro
PISOS				

Material predominante	Estado de la vivienda			
	Madera	Metálicas	Lanford	OTRO
PUERTAS				

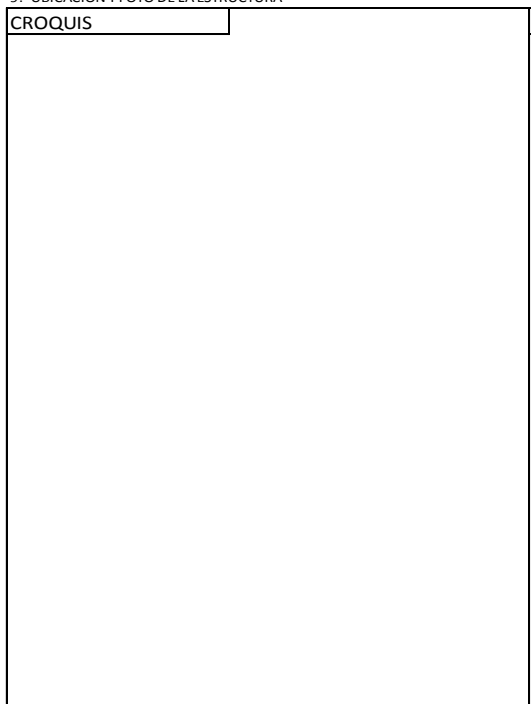

Material predominante	Estado de la vivienda				
	Aluminio	Madera	Metálicas	Mixtas	Otro
VENTANAS					

TIENE CERRAMIENTO:	
AVALUO M2 ESTIMADO	

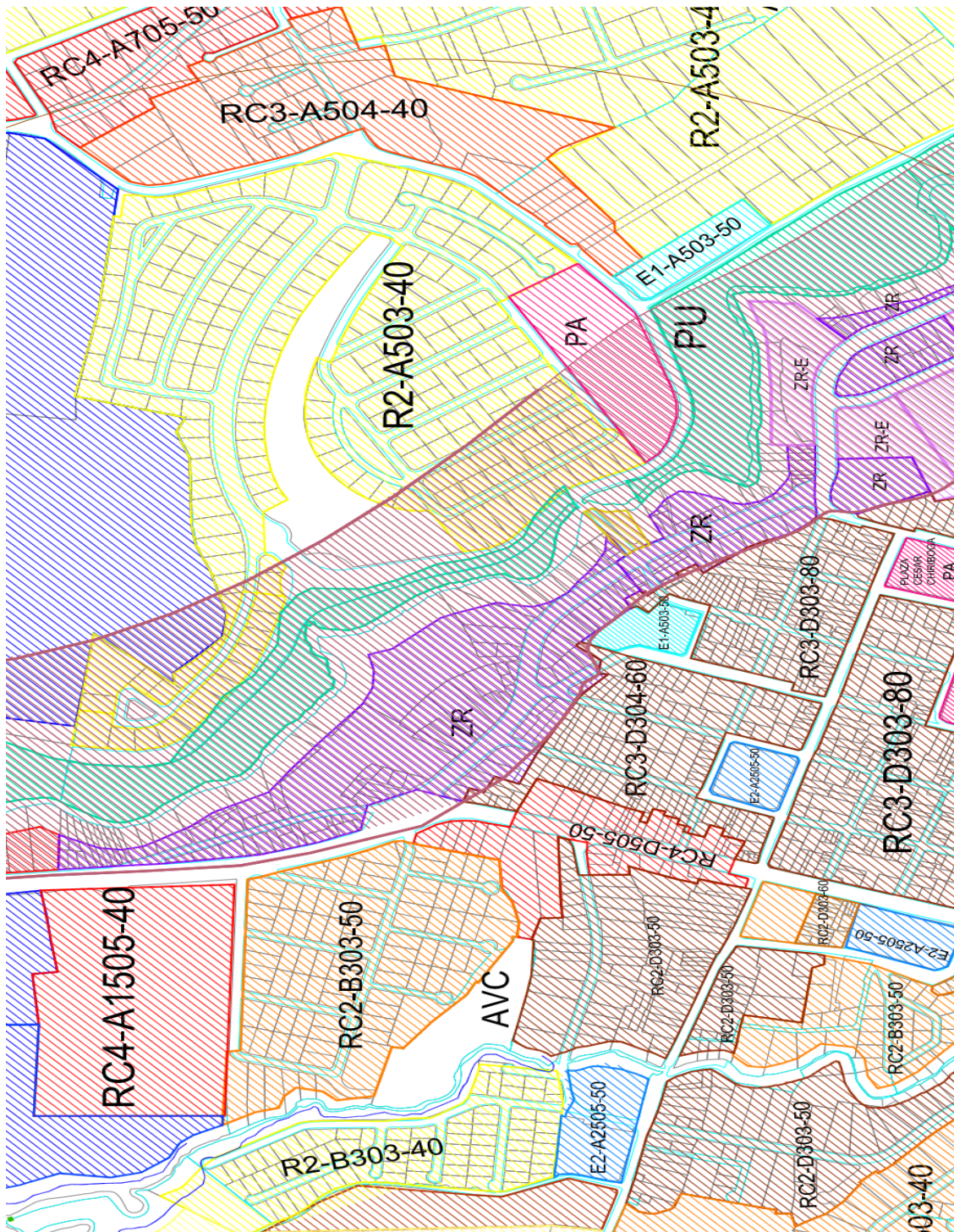
### 8.- CARÁCTERÍSTICAS DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES

VIGAS			COLUMNAS			LOSAS	
b(cm)	h(cm)	luz(m)	b(cm)	h(cm)	altura(m)	Espesor (cm)	Tipo
Número de Vigas:			Número de columnas:			Número de losas:	

### 9.- UBICACIÓN Y FOTO DE LA ESTRUCTURA

<b>CROQUIS</b> 	<b>FOTO</b> 
---	---

### Anexo3: Mapa de Ocupación del suelo de Sangolquí Zona 2



## Anexo4: Formulario de Procesamiento de Datos FEMA-154 enero-2015 (Vulnerabilidad Sísmica)

Evaluación Rápida Visual de Estructuras Frente a Potenciales Riesgos Sísmicos																		
FEMA P - 154 Data Collection Form										ALTO RIESGO SÍSMICO								
FOTOGRAFÍA										DATOS GENERALES								
										Dirección:								
										Referencias:								
										Nombre de la Edificación:								
										Número de Pisos:								
										N° Pisos sobre nivel de la Vía:								
										N° Pisos bajo nivel de la Vía:								
										Año de Construcción:								
										Uso:								
										Área Total de Pisos:								
										Encuestadores:								
										Fecha de Encuesta:								
										OCUPACIÓN								
										Asamblea			<input type="checkbox"/>		Industrial		<input type="checkbox"/>	
										Comercial			<input type="checkbox"/>		Oficina		<input type="checkbox"/>	
										Serv. Emergencia			<input type="checkbox"/>		Residencial		<input type="checkbox"/>	
Gobernación			<input type="checkbox"/>		Escuela		<input type="checkbox"/>											
Histórico			<input type="checkbox"/>															
NÚMERO DE PERSONAS																		
0 - 10			<input type="checkbox"/>		11 - 100		<input type="checkbox"/>											
101 - 1000			<input type="checkbox"/>		1000 +		<input type="checkbox"/>											
TIPO DE SUELO																		
A		B		C		D		E		F								
ROCA DURA		ROCA PROMEDIO		SUELO DENSO		SUELO RÍGIDO		SUELO SUAVE		SUELO POBRE								
<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>								
PELIGRO DE FALLAS EXTERIORES																		
CHIMENEA			<input type="checkbox"/>		PARAPETO			<input type="checkbox"/>										
REVESTIMIENTO			<input type="checkbox"/>		OTRO			<input type="checkbox"/>										
IRREGULARIDADES																		
VERTICAL		<input type="checkbox"/>		TIPO														
PLANTA		<input type="checkbox"/>		TIPO														
COMENTARIOS																		
ADOSADOS																		
GOLPETEO			<input type="checkbox"/>															
OBJETOS QUE SE PUEDEN CAER			<input type="checkbox"/>															
PUNTAJE BÁSICO, MODIFICADORES Y PUNTAJE FINAL, SL1																		
TIPO DE CONSTRUCCIÓN	W1	W2	S1	S2	S3	S4	S5	C1	C2	C3	PC1	PC2	RM1	RM2	URM			
			(MRF)	(BR)	(LM)	(RC SW)	URM INF	(MRF)	(SW)	URM INF	(TU)		(FD)	(RD)				
Puntuación Básica	3,6	2,9	2,1	2,0	2,6	2,0	1,7	1,5	2,0	1,2	1,6	1,4	1,7	1,7	1,0			
Irregularidad Vertical Severa	-1,2	-1,2	-1,0	-1,0	-1,1	-1,0	-0,8	-0,9	-1,0	-0,7	-1,0	-0,9	-0,9	-0,9	-0,7			
Irregularidad Vertical Moderada	-0,7	-0,7	-0,6	-0,6	-0,7	-0,6	-0,5	-0,5	-0,6	-0,4	-0,6	-0,5	-0,5	-0,5	-0,4			
Irregularidad en Planta	-1,1	-1,0	-0,8	-0,7	-0,9	-0,7	-0,6	-0,6	-0,8	-0,5	-0,7	-0,6	-0,7	-0,7	-0,4			
Código Anterior	-1,1	-0,9	-0,6	-0,6	-0,8	-0,6	-0,2	-0,4	-0,7	-0,1	-0,5	-0,3	-0,5	-0,5	0,0			
Último Código	1,6	2,2	1,4	1,4	1,1	1,9	N/A	1,9	2,1	N/A	2,0	2,4	2,1	2,1	N/A			
Suelo Tipo A o B	0,1	0,5	0,4	0,6	0,1	0,6	0,5	0,4	0,5	0,3	0,6	0,4	0,5	0,5	0,3			
Suelo Tipo E (1-3 pisos)	0,2	0,1	-0,2	-0,4	0,2	-0,1	-0,4	0	0,0	-0,2	-0,3	-0,1	-0,1	-0,1	-0,2			
Suelo Tipo E (>3 pisos)	-0,3	-0,9	-0,6	-0,6	N/A	-0,6	-0,4	-0,5	-0,7	-0,3	N/A	-0,4	-0,5	-0,6	-0,2			
Minimum Score, S <sub>MIN</sub>	1,1	0,7	0,5	0,5	0,6	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3	0,3	0,2			
PUNTAJACIÓN FINAL, SL1 ≥ S <sub>MIN</sub>																		
EVALUACIÓN DETALLADA REQUERIDA																		
SI	<input type="checkbox"/>																	
NO	<input type="checkbox"/>																	

(FEMA, 2015) Rapid Visual Screening of Buildings for Potential Seismic Hazards. [Anexo4].  
Modificado por Daniela Loor y Hernán Mosquera

## Anexo5: Formulario de Procesamiento de Datos SNGR 2012 (Vulnerabilidad Volcánica)

VARIABLE DE VULNERABILIDAD	DESCRIPCIÓN DE LA VARIABLE Y USO DE LA INFORMACIÓN	INDICADORES CONSIDERADOS	AMENAZA VOLCÁNICA
Sistema Estructural	Describe la tipología estructural predominante en la edificación	Hormigón armado	1
		Estructura metálica	5
		Estructura de madera	10
		Estructura de caña	10
		Estructura pared portante	5
		Mixta madera/hormigón	5
		Mixta metálica/hormigón	5
Tipo de material en paredes	Describe el material predominante utilizado en las paredes divisorias de la edificación	Pared de ladrillo	1
		Pared de bloque	5
		Pared de piedra	5
		Pared de adobe	5
		Pared de madera	5
Tipo de cubierta	Describe el material utilizado como sistema de cubierta de la edificación	Cubierta metálica	10
		Losa H. Armado	1
		Vigas de madera y zinc	10
		Caña y zinc	10
		Vigas de madera y teja	5
Sistema de entrepisos	Describe el tipo y material utilizado para el sistema de pisos diferentes a la cubierta	Losa H. Armado	NA
		Vigas y entramado madera	NA
		Entramado madera/caña	NA
		Entramado metálico	NA
		Entramado hormi/metálico	NA
Número de pisos	Se considera el número de pisos como una variable de vulnerabilidad debido a que su altura incide en su comportamiento	1 piso	10
		2 pisos	5
		3 pisos	1
		4 pisos	1
		5 pisos o más	1
Año de construcción	Permite tener una idea de la posible aplicación de criterios de diseño de defensa contra la amenaza	antes de 1970	10
		entre 1971-1980	5
		entre 1981-1990	1
		entre 1991-2010	0
Estado de conservación	El grado de deterioro influye en la vulnerabilidad de la edificación	Bueno	0
		Aceptable	1
		Regular	5
		Malo	10
Características del suelo bajo la edificación	El tipo de terreno influye en las características de vulnerabilidad	Firme, seco	0
		Inundable	10
		Ciénaga	10
		Húmedo, blando, relleno	5
Topografía del sitio	La topografía del sitio de construcción indica posibles debilidades frente a la amenaza	A nivel, terreno plano	1
		Bajo nivel calzada	10
		Sobre nivel calzada	1
		Escarpe positivo o negativo	10
Forma de la construcción	La presencia de irregularidades en la edificación genera vulnerabilidad	Regular	NA
		Irregular	NA
		Irregularidad severa	NA

(Pilar Cornejo de Grunauer, 2012). Formulario de Procesamiento de datos. [Anexo5]. Tomado de: Propuesta Metodológica, Análisis de vulnerabilidades a nivel municipal.





(Jiménez, 2015) Vista del flanco oriental del volcán Cotopaxi y su columna de vapor, gases y escasas cenizas. [Fotografía1]. Tomado de:

<http://www.igepn.edu.ec/servicios/noticias/1212-actualizacion-de-la-actividad-eruptiva-del-volcan-cotopaxi-n-21-2015>



(Jean-Luc Le Pennec, 2015) Vista del flanco norte del volcán Cotopaxi con una columna de gases y ceniza. [Fotografía]. Tomado de: <http://www.igepn.edu.ec/gps/content/41-volcanes?start=42>